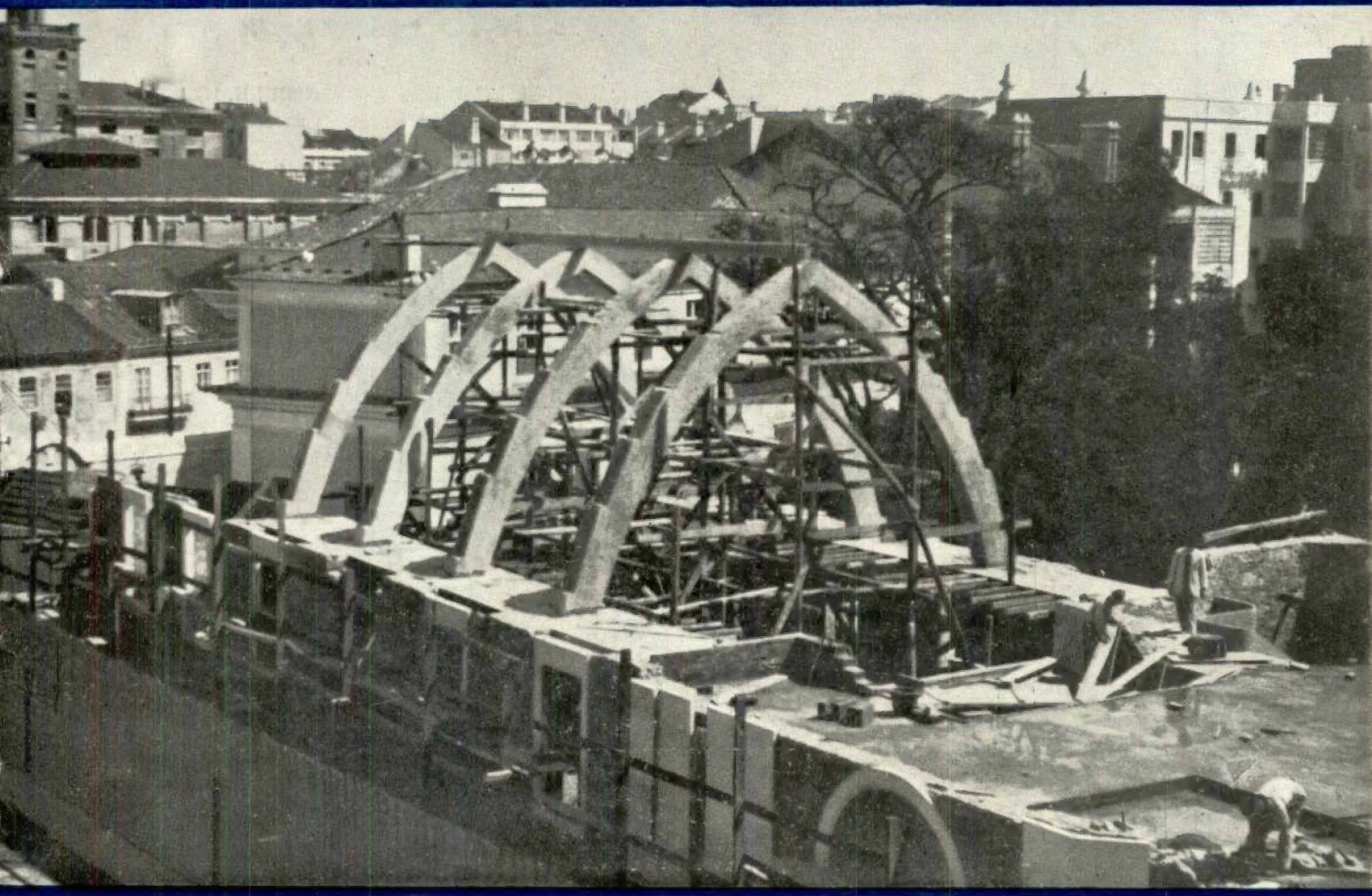
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 212-Maio-1951

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

Desde o
Distrito de **VIANA DO CASTELO**
ao de **LEIRIA** e nos Distritos
de **SETÚBAL** e **EVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as maiores facilidades,

pela

UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO	22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO..... ...	100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA...	14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 240
EM LISBOA R. António Maria Cardoso, 13, 2.º

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de todas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia **"CIMENTO TEJO"**

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
212
Maio — 1951

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 70144 (linha 50)

DIRECTOR
LUIZ DA CUNHA FERRAZ

ADMINISTRADOR
MANUEL AGUDO MARQUES MAIA

CORPO REDACTORIAL
AURÉLIO GALHARDO COELHO
ROGÉRIO DA TRINDADE E LIMA
CARLOS ROSMANINHO
FERNANDO FARIA

NUMERO AVULSO 9$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	25$00	45$00	85$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	50$00	90$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Arcos de betão armado, com três articulações, da estrutura da Capela do Colégio Ninho de Crianças — Construção S. C. Amadeu Gaudêncio, Ltd.a

Págs.

Contribuição à reorganização do ensino ministrado no I. S. T. 463

Ciclo de conferências sobre o Ultramar 474

Determinação no campo do índice californiano de resistência
Pelo Eng.o J. M. Seguro 475

Possibilidades de variação rápida do fluxo dos alternadores de grande potência
Pelo Eng.o Luís da Silva Garcia Ribeiro 485

Uma nova expressão da equação dos três momentos
Pelo Eng.o Francisco Augusto Rosa 495

Correias Transportadoras
Pelo Eng.o Fernando de Mello Mendes 505

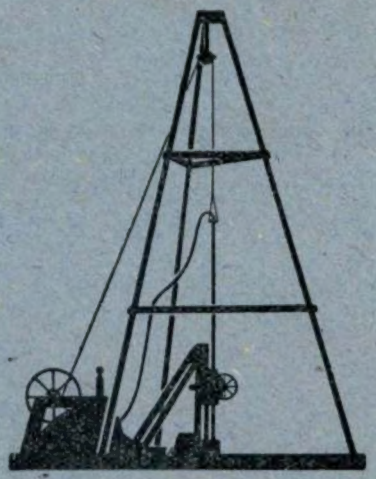
Curso sobre o emprego da cortiça nos isolamentos térmicos e fónicos
Pelo Eng.o Alfredo B. de Andrade 518

Do Mundo Técnico 526

Biblioteca 528

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

SONDAGENS RODIO, Limitada



RODIO

Sondagens geológicas, estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geotécnico

Pesquisas de água.

Consolidação e impermeabilização de terrenos e de obras por meio de injecções de cimento, produtos químicos, argila activada, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

Estacas de betão armado, sistema **Ródio** moldadas no solo sem trepidações.

Rebocos comprimidos por «**cement gun**»

Fundações em terrenos difíceis quer por congelação artificial, quer por abaixamento do lençol de água.

As melhores referências no país e no estrangeiro

Sócio gerente residente em Portugal:
Walter Weyermann, Eng. civil

R. S. Mamede ao Caldas, 22, 3.º — LISBOA

Tel. 2 8685

CIMENTOS PORTLAND BRANCOS

PATAIAS LUSO

Bons entre os melhores

PARA ACABAMENTOS

PEDRA ARTIFICIAL E MOSAICOS

TRABALHOS MARÍTIMOS

PISTAS E FAIXAS DE ROLAGEM

OBRAS DE RESPONSABILIDADE

Rua Vítor Cordon 1, 2.º — LISBOA

TELEFONES 30765 / 2 linhas

AMSLER

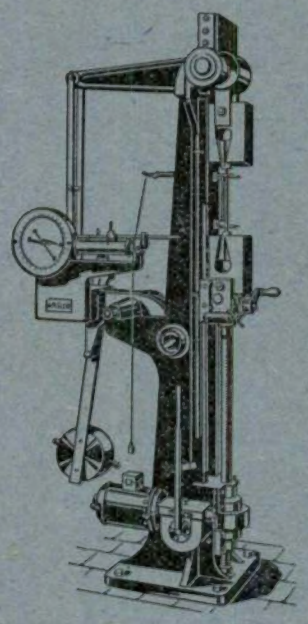
MÁQUINAS PARA ENSAIO DE MATERIAIS
APARELHOS HIDROMÉTRICOS, PLANÍMETROS, ETC.

PRECISÃO **ROBUSTEZ**

COMPROVADAS POR MUITAS CENTENAS DE DISPOSITIVOS

e máquinas de ensaio, para a fabricação e para a construção, espalhados por todo o mundo. Experiência quase centenária

Máquinas de tracção e compressão
» » flexão e torção
» » dureza e fadiga
» » choque (martelos pendulares)
Dinamómetros hidráulicos
Aparelhos para aferir manómetros
Dinamómetros de torção para potências
Prensas para ensaios de cimentos
Máquinas para ensaio de madeiras e materiais de construção
Vagões-dinamómetros
Molinetes e Limnígrafos
Planímetros. Integradores



CATÁLOGOS E LISTA DOS COMPRADORES PORTUGUESES À DISPOSIÇÃO DOS INTERESSADOS

Representantes exclusivos para Portugal e Colónias:

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 TELEF. 24314/15 LISBOA

AMSLER
SCHAFFHOUSE

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

CONTRA A HUMIDADE

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651 / 4 2156 TELEG. EPALDA—LISBOA

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

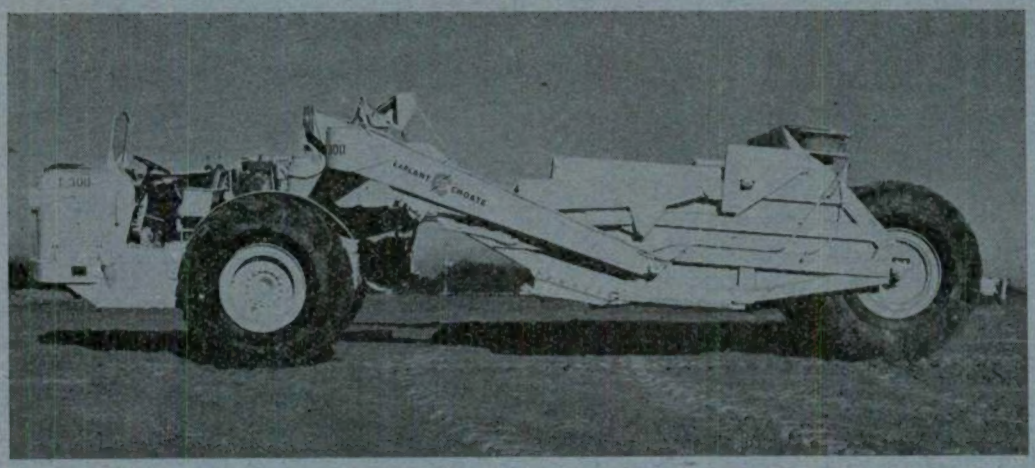
Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º—LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º—PORTO

Agentes em todo o País

LAPLANT CHOATE

MÁQUINAS DE MOVIMENTAÇÃO
— DE —
TERRAS



— MOTOR SCRAPERS
— SCRAPERS PARA TRACTORES
— MOTOR WAGONS
— BULLDOZERS E ANGLEDOZES
— TOOL-BAR
— RIPPERS

Comandos Hidráulicos para todas as máquinas

REPRESENTANTES EM PORTUGAL

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Rua Cascais, 47 – LISBOA
Rua do Almada, 262 – PORTO

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORP

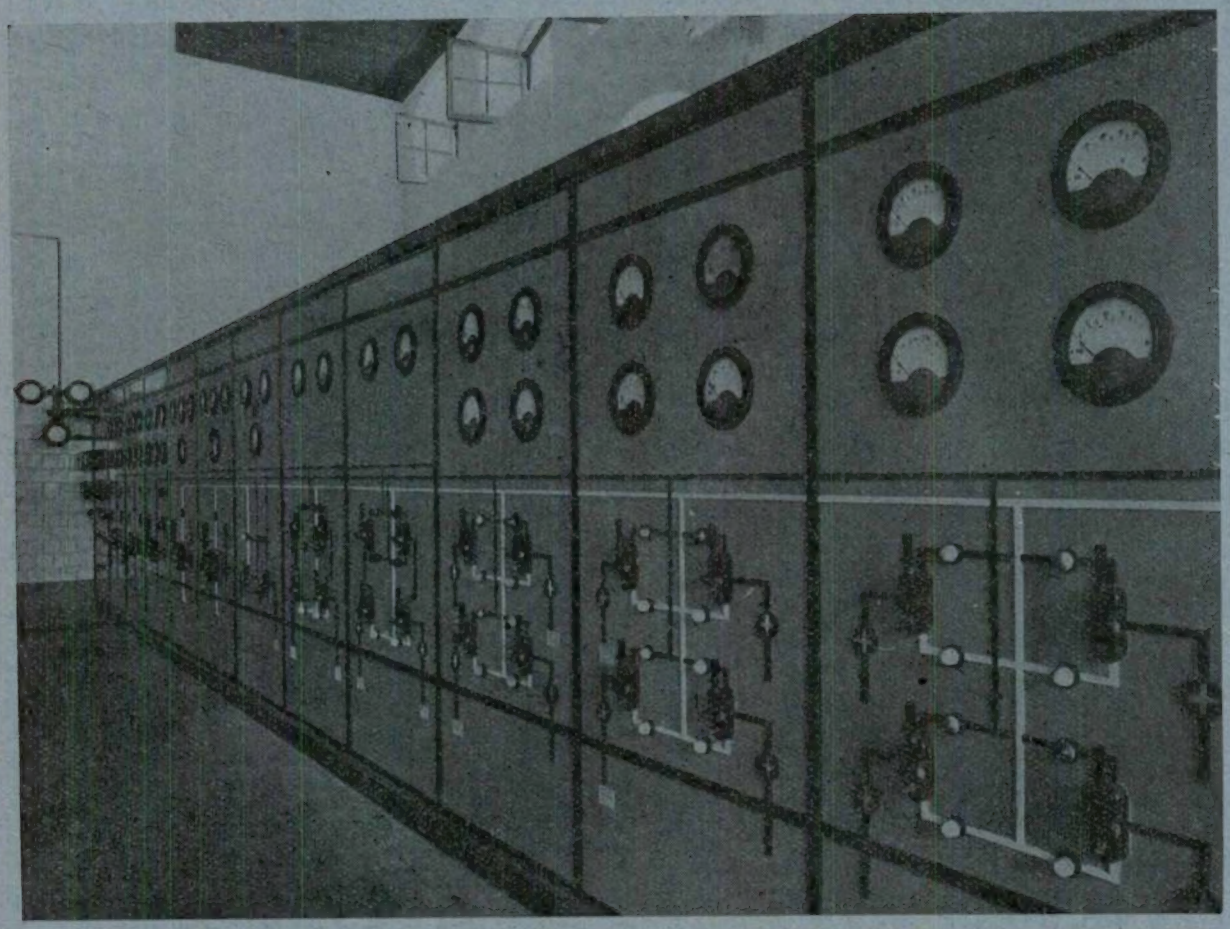
- EQUIPAMENTOS PARA TODOS OS GÉNEROS DE COMUNICAÇÕES ELÉCTRICAS por rádio e por circuitos metálicos.
- EQUIPAMENTOS DE TODAS AS POTÊNCIAS PARA RADIODIFUSÃO E TELEVISAO.
- GRANDES E PEQUENAS CENTRAIS TELEFONICAS, manuais e automáticas.
- TODO O GÉNERO DE APARELHAGEM MANUAL E AUTOMÁTICA para instalações telefónicas e telegráficas.
- FORNOS ELÉCTRICOS desde pequenas potências, com aquecimento por correntes de radiofreqüência.
- SISTEMAS PATENTEADOS, DE ANTENAS de alta eficiência.
- CABOS DE TODOS OS TIPOS para comunicações em tôdas as freqüências e para transporte de energia.

Telefone 2 3111/2/3 Rua Augusta, 27 LISBOA

JAYME DA COSTA, L.DA

LISBOA
R. DOS CORREEIROS, 18 A 26

PORTO
P. DA BATALHA, 12 12-A



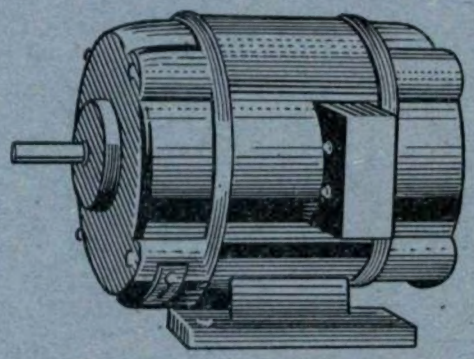
Quadro geral de comando e distribuição
da
FÁBRICA DO PRADO
DA
COMPANHIA DO PAPEL DO PRADO

Os nossos serviços técnicos e oficinas especializadas, além duma longa experiência, são uma garantia das nossas execuções

- Quadros gerais em chapa de ferro e de mármore
- Quadros blindados
- Quadros tipo armário
- Quadros para fins especiais

CONZ METZENAUER & JUNG

As grandes marcas alemãs de motores e máquinas eléctricas, material de protecção e termóstatos, transformadores, etc.



SOCIEDADE COMERCIAL

MATTOS TAVARES, L.DA

LISBOA R. DOS SAPATEIROS, 39, 2.º

TELEFONES 2 5701 - 2 5704

ELECTRO-ARCO

LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

electro-arco

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA

LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 63649

PORTO
RUA GUEDES DE AZEVEDO, 151 - TEL 21277

INGERSOLL-RAND, L.DA

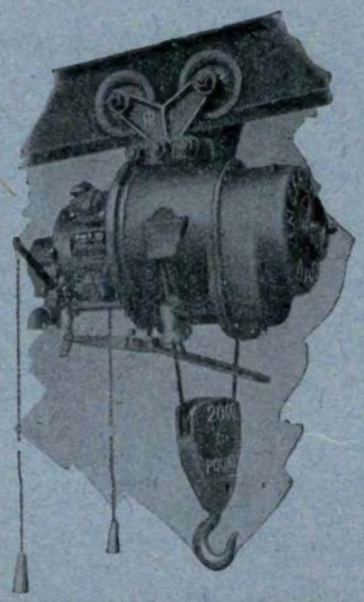
Compressores — Material para minas
Ferramentas Pneumáticas
Bombas centrífugas — Guinchos eléctricos e a ar comprimido
Condensadores de vapor — Motores «Diesel»
Equipamentos de refrigeração

Largo do Corpo Santo, 28-2.º

LISBOA

Telef. 2 3212 / 2 9671

Teleg. INGERSOLL



Nas Colónias
METROCOL, LDA.
LUANDA

Para equipamento de garagem
C. SANTOS, LDA.
LISBOA . PORTO COIMBRA

DIRECÇÃO TÉCNICA:

Engenheiros: J. Belard da Fonseca e Manuel Bravo

Construtores: Amadeu Gaudêncio e Henrique Gaspar

Telef.: P. P. C. A. 43191 — 43192

End. Teleg.: CONSTRUÇÕES

CONSTRUÇÕES CIVIS

CARPINTARIA MECÂNICA

BETÃO ARMADO

TRABALHOS DE PINTURA

L. M. ERICSSON

STOCKHOLM SUÉCIA

- INSTALAÇÕES TELEFÓNICAS DE TODOS OS SISTEMAS
- SISTEMAS TELEFÓNICOS POR ALTA FREQUÊNCIA
- SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO
- INSTALAÇÕES DE VIGILANCIA E DE CONTROLE A DISTANCIA
- SISTEMAS DE RADIOCOMUNICAÇÕES E SONORIZAÇÃO, RECEPTORES
- INSTRUMENTOS DE MEDIDA E CONTADORES ELÉCTRICOS
- PRENSAS HIDRÁULICAS E MÁQUINAS PARA ENSAIO DE MATERIAIS
- CONDENSADORES PARA CORRIGIR O FACTOR DE POTÊNCIA
- MOTORES ELÉCTRICOS
- DIVERSA APARELHAGEM TELEFÓNICA E ELÉCTRICA
- FIOS E CABOS TELEFÓNICOS E ELÉCTRICOS

Agentes Gerais em Portugal:

SOCIEDADE HERRMANN L.DA

Calçada do Lavra, 6 — LISBOA

Telefones { **2 3168** / **2 3169** **Telegramas: LAVRA**

Oficina de construção e reparação de material telefónico e eléctrico

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P.

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico.

OERLIKON

Máquinas e aparelhos eléctricos de todo o género

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Porto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 21968

«Central hidroeléctrica de Flix da S. A. Saltos del Ebro, Barcelona, equipada com 4 alternadores trifásicos OERLIKON, de 11250 kVA, 6300 V., 125 r. p. m., 50 Hz., cada um»

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos completos para centrais termo e hidroeléctricas, subestações e instalações de distribuição. Accionamentos eléctricos especiais para todas as indústrias. Geradores, motores, transformadores, reguladores de indução, comutadores, rectificadores de vapor de mercúrio, equipamentos para soldadura eléctrica por arco. Electrolizadores para a produção de hidrogénio e oxigénio. Aparelhos de manobra e protecção para alta e baixa tensão, reguladores automáticos de tensão, relés, pára-raios. Turbinas de vapor e turbo-geradores, ponte-gruas, compressores. Equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras, veículos diesel-eléctricos, locomotivas de acumuladores, tranvias, troleibus, funiculares e teleféricos, etc.

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON

ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

TÉCNICA

LUIZ DA CUNHA FERRAZ
DIRECTOR

ANO XXVI-N.º 212 MAIO 1951

CONTRIBUIÇÃO À REORGANIZAÇÃO DO ENSINO MINISTRADO NO I. S. T.

Extracto duma publicação da A. E. I. S. T

C. D. 378

Convidada pelo Ex.mo Director do I. S. T. a dar a sua contribuição a uma possível reforma do ensino no Instituto, resolveu a Associação dos Estudantes auscultar a opinião dos Professores das duas Escolas de Engenharia do País, de Engenheiros e de alunos.

Para melhor orientação dos inquéritos e das respostas, foi elaborado pelo Director da Secção Pedagógica, Nelso Montes (do 6.º ano de Engenharia Civil) um trabalho, do qual foram cortados, pela Direcção da A. E., todos os pontos em que o autor abordava o problema educacional sob o ponto de vista religioso, que não podiam, à face dos Estatutos, ser intregrados numa publicação oficial da Associação.

Considerou a Direcção da Técnica de interesse a publicação deste valioso trabalho, com pequenas alterações, por nele serem ratados, com preocupação construtiva, problemas pedagógicos de fundamental importância.

Além disso, o envio de um inquérito, num dos próximos números da Revista, dá-nos a possibilidade de obter ainda a contribuição de todos os leitores interessados que respondam a esse inquérito.

I — Introdução

A organização e os planos de estudo actuais do I. S. T. são, com raras modificações, os estabelecidos em 1 921, pelo Decreto n.º 7 727. Algumas das disposições orgânicas caducaram, outras têm-se mostrado ineficazes por falta de cumprimento ou por não darem origem a um ensino eficiente. Os planos de estudo não estão adaptados de modo a satisfazerem às condições actuais da vida da Nação e a ministrarem uma educação que contribua para a elevação económica e social do País.

Por isso, é necessário reformar; mas o modo de actuar em reformas de educação deve ser, essencialmente, objectivo e prático: deve recorrer constantemente à experiência própria ou alheia e manter um contacto íntimo com os factos concretos, para serem limitadas as soluções baseadas em hipóteses fictícias.

Porque esta actuação interessa aos mais altos valores da Nação, é necessário observar, julgar e agir, mas com moderação e cuidado; é urgente vencer a inércia de alguns anos e agitar a rotina, mas para isso é imprescindível possuir coragem para enfrentar animosidades e estabelecer no ambiente universitário, apenas propósitos e ambições universitárias.

Conduziu-nos o critério de observar os factos tais como eles são e propor soluções adequadas e realizáveis; não esquecemos que «a experiência própria ou alheia é mais instrutiva que as teorias, porque as teorias mostram o que se espera e a experiência o que se tem conseguido» e, por isso, estendemos o nosso estudo não só à organização do I. S. T., mas também à de universidades de países que possuem inquietações profundas acerca do ensino universitário.

Estamos conscientes de que a contribuição dos estudantes a reformas de ensino é limitada, principalmente quando se refere à elaboração de planos de estudo. Mas não nos limitamos apenas a acentuar a necessidade de reformar; pretendemos contribuir com um exame são, concreto e construtivo da natureza dos males que tornam deficiente o ensino ministrado no Instituto.

*

As alterações introduzidas à organização estabelecida pelo Dr. Alfredo Bensaúde, as perspectivas de elevação económica e social da Nação e a necessidade de dotar os futuros engenheiros com uma cultura humana, uma formação científica e uma preparação profissional mais sólidas, tornam urgente reformar, ou melhor, elevar ainda mais o nosso Instituto. É necessário defendê-lo dos ataques cerrados que pretendem dificultar a sua acção; mas para isso, é urgente mostrarmos que estamos de facto na vanguarda e que, além disso, pretendemos melhorar os nossos métodos de ensino e os planos de estudo actuais. É como alunos que ambicionam que a sua Escola ministre um ensino mais eficiente, que desejam vê-la elevada e respeitada por todos e julgam que os homens têm o direito de «manifestar o seu parecer sobre deveres e sacrifícios que lhes impõem e não se verem obrigados a obedecer sem serem ouvidos» (Pio XII) [1], que entramos nas lides pedagógicas que gravitam sobre o Instituto.

Não pretendemos transformar por artes mágicas o nosso Instituto no estabelecimento que esteja à altura das necessidades do País. É trabalho fácil arquitectar planos e estabelecer novos regulamentos; mas infundir uma vitalidade perene num organismo cuja vida foi perturbada, mesmo antes de ter atingido a maturidade, é tarefa muito mais difícil e árdua, apenas realizável se todos, professores, engenheiros e alunos, derem a sua colaboração sincera e esclarecida, dedicando grande parte da sua existência em prol dum objectivo comum: a elevação do ensino ministrado no I. S. T.

* *

II — Da educação universitária

Actualmente, em o nosso País, as universidades de engenharia e dum modo geral todas as outras, são simples fábricas de profissionais, traçadas segundo os rígidos modelos napoleónicos, organizadas burocràticamente em intrincados regulamentos quase sempre incompletamente cumpridos.

A educação universitária tem como objectivo único a produção de profissionais especializados; parece partir-se do princípio que a educação universitária, para ser fecunda,

---

[1] «A democracia no pensamento de Sua Santidade Pio XII» — Ed. Pro-Domo — Lisboa, 1 945.

tem de limitar-se ao conhecimento superficial e enciclopédico das ciências e da técnica, a coisas práticas, a conhecimentos de utilidade material e imediata, desprezando a cultura integral e a formação científica dos estudantes. Como consequência, os universitários e dum modo especial os engenheiros transformam-se em meros técnicos, servidores inconscientes da engrenagem económica e social moderna, que desempenham o papel, geralmente mecânico, de ferramentas, na resolução dos problemas técnicos.

Porém, compete às universidades uma função muito mais elevada do que criar apenas profissionais intelectuais.

Nos países que se ocupam sèriamente da educação e que possuem opinião pública esclarecida sobre assuntos pedagógicos, tem sido motivo de grandes debates a determinação das características essenciais do ensino universitário. O grande problema consiste em averiguar qual deve ser a preocupação dominante do ensino universitário, em face do incremento enorme da ciência e da técnica e qual a sua posição perante os problemas sociais e económicos do mundo de hoje. Deve a Universidade continuar a ministrar o ensino exclusivo da ciência e da técnica, ou deve, além disso, promover a cultura integral dos universitários, desenvolvendo harmoniosamente todas as suas faculdades espirituais e físicas?

Fundamentalmente, é a concepção de educação universitária que tem estado em causa. É sobre ela que faremos algumas considerações.

O fim de qualquer educação deve consistir, quanto a nós, em termos absolutos, em aperfeiçoar integralmente aqueles a quem é ministrada e não apenas em elevar a sua posição social.

Coincide com esta a concepção da educação preconizada no título IX da Constituição Política Portuguesa que define claramente quais os objectivos do ensino do Estado: «O ensino ministrado pelo Estado visa, além do revigoramento físico e do aperfeiçoamento das faculdades intelectuais, à formação do carácter, do valor profissional e de todas as virtudes morais e cívicas, orientadas aquelas pelo princípio da doutrina e moral cristãs, tradicionais do País» ([1]).

Esta educação, que na essência se resume em formar homens e não apenas técnicos, é na época que atravessamos mais urgente do que nunca.

Não se julgue que é utópica a concepção do ensino universitário com estas características. Ela é compartilhada por eminentes pedagogos de países que sentem com mais agudeza estes problemas. Assim, o Presidente da Universidade de Chicago, Mr. Hutchins, em «Education for Freedom» declara: «Para o jovem adolescente, obter um emprego e receber um ordenado pode parecer um bom ideal. Quando o obtém, compreende que isso é uma condição necessária para a vida, mas não é a vida. Existe o problema do fim e do sentido da vida e se a educação não ajuda a resolvê-lo, pura e simplesmente não houve educação».

A Comissão encarregada pela Universidade de Harvard de estudar a reforma da educação nos Estados Unidos define com clareza o conceito de educação que orientou as suas actividades: «A personalidade humana não pode ser decomposta em diferentes fragmentos. A educação deve dirigir-se ao homem inteiro, deve encarar o homem como um todo. O objecto da educação é o desenvolvimento integral do homem e a natureza humana não possue apenas inteligência, mas também instintos, vontade e sensibilidade» (...)

«A educação geral é a parte total da educação do estudante e considera, antes de tudo a sua vida como ser humano responsável; a educação técnica é a que considera a competência do estudante numa profissão.

([1]) Constituição Política da República Portuguesa — Acto Colonial — Lisboa 1948.

«A educação geral e a educação técnica não devem ser colocadas em mútua competência. A educação geral deve constituir não só uma base adequada para a escolha de uma especialidade, mas também deve ser o meio no qual a especialidade pode desenvolver plenamente as suas capacidades. A educação geral é um organismo total integrado; a educação especial é um órgão, um membro designado para preencher uma função determinada».

E torna esta concepção aplicável à Universidade de Harvard, dizendo: «Todo o curso que se dê na Universidade de Harvard, por mais especializado que seja, deve contribuir fortemente para a educação geral. Na medida em que fracassar a realização deste objectivo, fracassa também a sua melhor contribuição à especialidade» ([1]).

Foi esta concepção de educação que orientou a elaboração dos princípios orgânicos que passamos a indicar.

* *

III — Princípios fundamentais de organização universitária para o Instituto Superior Técnico:

Os princípios preconizados são comuns a todas as boas universidades de engenharia. Não pertence a nenhuma universidade ideal, mas a universidades existentes. No entanto, a sua aplicação entre nós deve ser gradual e progressiva, evitando-se os tão usados métodos de acção pretensiosamente instantânea, que, com a extirpação do mal, podem acarretar a morte do organismo.

Além disso, antes de se proceder ao estabelecimento de organizações, métodos de ensino e planos de estudo, é necessário conhecer o modo de ser dos estudantes portugueses, as suas disposições naturais, as suas virtudes e defeitos, a formação moral, intelectual e científica dispensada pelos educadores que os orientaram desde a infância e a influência exercida sobre eles pelo meio em que viveram.

Em síntese, os estudantes que ingressam no Instituto possuem, na generalidade, devido à insuficiência da educação familiar e à deficiente orientação do ensino primário e secundário, uma carência de pontos de apoio interiores e de um feixe de ideias orientadoras, o que provoca uma quebra tremenda na sua estrutura espiritual; já adquiriram uma posição de indiferença perante o saber e, em regra, não têm convicção àcerca da sua vocação; não possuem aspirações sadias à independência pelo próprio esforço, porque não têm confiança no saber adquirido, visto que os seus conhecimentos são quase completamente verbalistas e livrescos; a sua única preocupação é, frequentemente, a obtenção do diploma, não ambicionando com a sua profissão servir os seus semelhantes, mas a si próprios, por não possuirem o sentido da missão social da sua profissão.

Em contrapartida, são caracterizados por uma grande vivacidade intelectual, apanágio das raças do Sul, mas o seu poder de assimilação é diminuto e a sua vontade é débil.

Consequentemente, há que elaborar o ensino no sentido de eliminar estes defeitos principais e desenvolver as virtudes correspondentes, ao mesmo tempo que os alunos adquirem a sua formação científica e a sua preparação profissional. Foi este objectivo que orientou a elaboração dos princípios que passamos a enunciar e que serão desenvolvidos posteriormente.

A — *Dos planos de estudo:*

1 — Suas características fundamentais.
2 — Introdução dos planos de estudo elásticos.

([1]) «General Education in a free society» — Harvard Comittee — University Press — Harvard 1945.

3 — Elaboração dos planos de estudo de modo a satisfazerem às necessidades do País: consultas a industriais competentes e a engenheiros; conjugação da acção dos professores das cadeiras básicas.
4 — Diversificação dos planos de estudo nas diferentes escolas de engenharia.

B — *Do ensino:*

1 — Ensino teórico e prático: sua concepção.
2 — Criação de laboratórios, de seminários de estudo e de museus.
3 — Distribuição do tempo: número de aulas teóricas e práticas; sua duração; ano escolar e ano lectivo.
4 — Exames: sua importância; frequências e finais; sua concepção.
5 — Tirocínios.
6 — Apontamentos e livros de texto; biblioteca.

C — *Do Corpo docente:*

1 — Importância e missão dos professores; dedicação exclusiva dos professores das cadeiras básicas e de algumas profissionais; remuneração; recrutamento; formação do ambiente necessário à eficácia da missão dos professores.
2 — Criação das condições necessárias à formação de professores que deixariam de ser improvisados.
3 — Professores ordinários das cadeiras profissionais e livres: suas funções.
4 — Concessão de bolsas de estudo ao corpo docente para realizar investigações no País ou no estrangeiro.
5 — Permutas de professores de escolas diferentes.
6 — Assistentes: remuneração e recrutamento.
7 — Contratos com professores estrangeiros.

D — *Dos Alunos:*

1 — Limitação da frequência: exames de admissão; equivalências e precedências.
2 — Dedicação exclusiva ao estudo; condições necessárias ao êxito desta medida.
3 — Formação do ambiente necessário ao desenvolvimento intelectual, moral e profissional dos alunos: cidade universitária; sua necessidade; situação económica dos alunos; vida desportiva.
4 — Alunos ordinários e livres.

E — *Da Direcção:*

1 — Director.
2 — Conselho Directivo.
3 — Conselho Escolar.
4 — Comissões especiais; pedagógicas; disciplinares; desportivas; etc.

F — *Da autonomia pedagógica, administrativa e económica.*

G — *Considerações finais.*

* *

A — *Dos planos de estudo:*

1 — *Suas características fundamentais.*

Os planos de estudo devem ser estabelecidos de modo a satisfazerem à tripla missão que compete ao Instituto: formação humana, formação científica e preparação profissional de futuros engenheiros. Estes três objectivos que devem caracterizar o ensino contemporâneo de engenharia, coincidem com os resultados dum inquérito realizado pela Revista Fortune ([1]), entre cientistas norte-americanos, com o fim de serem obtidas sugestões tendentes ao aperfeiçoamento da educação técnica e científica a ministrar nas universidades dos Estados Unidos; neste inquérito foram tiradas, entre outras, as seguintes conclusões:

1.º — «Dentro das respostas recebidas, a mais enérgica das sugestões referia-se à promoção de uma mais ampla cultura geral e de humanidades para os que pretendem lidar com a ciência, a fim de formar homens mais completos».

2.º — «Com ênfase particular, foram recebidas sugestões no sentido de se aperfeiçoar a própria educação científica, considerando como essencial o ensino mais intenso e profundo das ciências fundamentais e com especialização o mais tardia possível. (Esta última sugestão foi a mais mencionada de todos os melhoramentos indicados). Algumas das respostas davam pouco interesse aos conhecimentos enciclopédicos de pormenor, dando grande importância ao pensamento criador».

*

Analisemos separadamente cada um dos objectivos indicados, começando pela formação humana.

Nas matérias versadas no Instituto, devia encarar-se a possibilidade da inclusão de cadeiras humanísticas e sociais, com o fim de desenvolver nos futuros engenheiros a cultura integral de todos os seus predicados espirituais (inteligência, vontade, senso moral e sentido estético) e ao mesmo tempo incutir-lhes a noção da sua missão social.

A citada comissão da Universidade de Harvard explica os meios de realização desta cultura integral:

«A Comissão propõe que o curso de humanidades a exigir a todos os estudantes, seja um que podia intitular-se «Grandes textos de literatura». O objectivo deste curso era levar os alunos a adquirirem a mais completa compreensão da obra lida, mais do que os homens ou períodos apresentados».

«Bastará escolher poucos livros. Cada um deve ser lido em forma suficientemente completa para que as suas partes se apoiem mùtuamente e contribuam para um todo. Uma lista da qual se pode fazer uma selecção pode incluir a Bíblia ([2]), Homero, uma ou duas tragédias gregas, Platão, Virgílio, Dante, Milton, Tolstoy, Shakespeare. Tanto as classes como as discussões em grupo são necessárias para ajudar a leitura» (...).

Mas é lícito perguntar: Quais são as vantagens do ensino das humanidades que, por vezes, possuem disciplinas tão inadequadas ao presente? Terão elas um papel preponderante na cultura humana que à universidade compete irradiar?

É a Sir Richard Livingstone, professor de Oxford e grande autoridade em clássicos gregos, que daremos a palavra: «as principais vantagens do ensino das humanidades

---

([1]) «Fortune» — New-York, Outubro de 1 948.

([2]) Antigo e Novo Testamento.

consistem em estabelecer o contacto directo e pessoal do aluno com as mentalidades mais ilustres do passado. Delas podem aprender o hábito e o método da crítica racional, a integridade e honestidade mentais, a exactidão e a grandeza do pensamento e da expressão, o desdém pelo equívoco e pelo superficial».

«Mas o aspecto essencial das humanidades é a filosofia da vida que elas nos ensinam. É esta a sua lição de maior interesse, mais ainda do que a sua literatura, sobretudo em circunstâncias como as actuais em que se carece dum ideal definido de vida».

(1) «No entanto, o objecto desta educação humanista não consiste apenas na compreensão intelectual do ideal, mas também na incorporação com ele, na corporização do ideal em nossas acções, sentimentos e pensamentos».

O ensino da engenharia tem também um fim social; os engenheiros devem possuir uma compreensão nítida da sua missão social, que lhes permita cooperar com os seus concidadãos na realização de uma ordem social capaz de oferecer a todos, os meios suficientes para viverem em condições dignas de serem humanos. Não se deve esquecer o facto do Instituto ser uma instituição pública que deve contribuir, não só para a educação daqueles que nele estão directamente interessados, mas também deve ser um meio potente e eficaz de elevar material e moralmente toda a Nação.

Contudo, é desconhecer a natureza humana, julgar que é possível agir profìcuamente e com dedicação, em questões de ordem social, sem possuir uma convicção profunda da importância e da necessidade dessa acção e sem conhecer o ambiente em que ela deve ser realizada: não se pode querer e amar aquilo que se não conhece.

Por isso, julgamos necessária a inclusão nos programas dum curso de ciências sociais (2) que pusesse os alunos em contacto com a realidade nacional, nos aspectos social e económico: que fornecesse uma visão sucinta das possibilidades e recursos nacionais e da sua exploração e utilização racionais; que mostrasse com verdade as condições sociais da grande maioria da nação; que, inclusivamente, pusesse os futuros engenheiros em contacto íntimo e pessoal com aqueles cuja insegurança económica não lhes permite dedicar a mínima importância às actividades espirituais mais elevadas, tão necessárias à compreensão e à realização dos objectivos principais da vida. Deste modo, talvez fosse possível desenvolver nos futuros engenheiros aquela caridade natural que é a virtude mais proeminente do espírito humano e a base sólida duma acção e duma vida social equilibrada e sã.

A elaboração do ensino da engenharia, com formação integral e social, é uma realização obrigatória do momento presente. Os engenheiros que possuíssem esta formação ficavam aptos a viverem no mundo actual e compreendiam que a sua responsabilidade para com a humanidade transcende os limites da sua profissão.

Mas essa formação não deve ser introduzida instantâneamente. Como medida inicial, podiam realizar-se cursos facultativos de línguas, abarcando gramática, composição e prática de linguagem, leitura com crítica orientada e oratória. Os conhecimentos adquiridos nestes cursos complementares davam uma grande contribuição ao trabalho profissional, especialmente na redacção de projectos, na leitura de bibliografia estrangeira e na melhor expressão de pontos de vista.

Depois, eram incluídos cursos que abrangessem os acontecimentos da actualidade mais directamente ligados com a engenharia: importância da engenharia na civilização actual, missão social do engenheiro, etc.

Sòmente depois de realizadas estas fases, se passava ao ensino das humanidades e das ciências sociais.

---

(1) Härvard Comittee.

(2) «Cerca de 80 % dos cientistas consultados julgavam que às ciências sociais deveriam ser concedidos parte dos fundos destinados à investigação»; foi esta outra das conclusões do citado inquérito.

*

Contudo, é fundamental mànter um ajustamento das cadeiras científicas e técnicas, a fim de não diminuir o seu valor formativo e profissional, mas de tal modo que possam ser incluídos os cursos mencionados, sem que seja aumentado o trabalho já excessivo dos cursos actuais.

Na elaboração dos planos de estudo é usual, entre nós, proceder-se de acordo com o princípio de que o ensino de engenharia deve ser orientado no sentido de dispensar aos alunos uma instrução técnica de conhecimentos variados e extensos para que estes os retenham de memória, a fim de que possam ganhar a vida mais fàcilmente. E assim, é corrente afirmar-se a respeito dos planos de estudo de certas cadeiras, que são excelentes, por abarcarem quase todos os capítulos do vasto domínio dessa matéria; no entanto, a triste realidade consiste em que o professor se quiser aprofundar um pouco mais os conhecimentos, querendo fugir da terrível superficialidade tão característica entre nós, não pode completar o seu ensino porque lhe não sobra tempo. Em algumas cadeiras chega-se a um exagero tal que os alunos pedem com frequência aos professores para «cortarem» matéria para a realização dos exames respectivos.

Com este procedimento, o aluno limita-se a tomar uma posição passiva perante a multiplicidade de conhecimentos rígidos que apresentam os programas; criam-se mentalidades incompatíveis com os métodos da ciência e não se habitua os alunos a terem confiança nos próprios conhecimentos, adquirindo, pelo contrário, um complexo de inferioridade perante a resolução de problemas novos que desconhece.

Porém, é necessário ter presente que a ciência e a técnica avançam constantemente e que seria uma pretensão ridícula ambicionar, numa ou em várias cadeiras anuais, dominar completamente o campo de qualquer dos ramos da ciência ou da técnica contemporâneas.

Por isso, a solução desta questão delicada está, não em fornecer informações enciclopédicas e superficiais do vasto domínio da ciência e da técnica, mas sim em dotar os futuros engenheiros com uma sólida base científica, estruturalmente bem arquitectada e ainda melhor assimilada, de tal modo que fiquem aptos a resolver, eficiente e conscientemente, os problemas novos que lhes apareçam na vida profissional, pondo em acção o seu espírito crítico e utilizando as ferramentas principais do seu cérebro: os métodos científicos de trabalho e de estudo.

Portanto, há que reduzir a extensão dos programas para garantir a melhor aquisição destes predicados — espírito crítico e métodos científicos — e ensinar os alunos a aplicarem-nos com a melhor inteligência e critério possíveis.

O ciclo básico constituído por cadeiras de física, matemática e química devia constituir um todo orgânico, conjugando-se harmònicamente, tendo em vista a formação científica de alunos de engenharia.

*

Resta examinar a preparação técnica profissional: quanto às especializações, é um princípio incontestável que uma universidade de engenharia tem por obrigação proporcionar a maior variedade de cursos dentro das suas possibilidades; evidentemente, não se criarão cursos que não tenham uma frequência mínima, que não correspondam às necessidades do País ou para os quais não haja professores competentes científica e moralmente. Também não há a negar, que no domínio da técnica o fundamental, hoje em dia, é que cada um saiba algo bem e que entre todos se compreenda tudo; a aplicação do princípio da divisão do trabalho é, neste campo, de mais profícuos resultados que em qual-

quer outro; por isso é necessário criar o maior número possível de especialidades, não se conduzindo contudo essa subdivisão a exageros prejudiciais e não se realizando prematuramente.

* *

2 — *Introdução dos planos de estudo elásticos*

Actualmente, os planos de estudo no Instituto e, dum modo geral, em todas as Universidades do País, são rígidos, isto é, são constituídos por um conjunto de matérias que os alunos têm forçosamente de estudar, para lograrem passar o ano e obterem o diploma. No entanto, «a pior e mais perniciosa ditadura que pode imaginar-se, dentro da esfera intelectual, é a que impõe a obrigação de estudar certas matérias desnecessárias para determinado fim, apesar-de serem contraditórias com a vocação e a inclinação científica ou profissional dos estudantes, conseguindo-se deste modo matar alguns espíritos criadores em estado embrionário e, frequentemente, asfixiar a curiosidade natural dos estudantes» (1).

Os planos de estudo rígidos impõem limitações ao desenvolvimento das faculdades particulares de cada estudante e não respeitam a sua personalidade. É muito mais racional que os alunos tenham possibilidade de optarem, dentro de certos limites, por aquelas matérias que satisfaçam às suas inclinações particulares. Mas para isso, é necessário o estabelecimento de planos de estudo elásticos; a sua aplicação não é nenhuma inovação; apenas sugerimos a adopção entre nós dum princípio que tem produzido os melhores resultados em universidades e institutos técnicos estrangeiros.

Nos planos de estudo elásticos apenas é obrigatório o estudo duma série de cadeiras básicas consideradas fundamentais para os alunos poderem compreender a sequência do curso e para completarem a sua formação; existe um certo número de cadeiras optativas que o aluno pode escolher de acordo com as suas preferências. Contudo, o êxito deste sistema impõe, como condição imprescindível, um contacto intenso e íntimo entre professores, assistentes e alunos, de modo que estes, seguindo as suas inclinações e orientados pelos conselhos daqueles, se encontrem a si mesmos e descubram a sua vocação, mediante a escolha dum adequado plano de estudo.

Esta liberdade de opção deve ser acentuada principalmente nos últimos anos do curso, de modo a que os alunos estudem as cadeiras técnicas de especialização com mais interesse, para que cheguem a ser bons profissionais para benefício próprio e do País.

O sistema de classificação adoptado nos planos de estudo elásticos é diferente do habitual entre nós: é o chamado sistema de classificação unitária; a cada cadeira é atribuído um certo número de unidades proporcional à importância relativa da mesma; deste modo, os alunos podem dedicar-se com mais atenção às cadeiras fundamentais, não sucedendo o que acontece com os planos rígidos, em que os estudantes são obrigados a darem o mesmo esforço tanto para as cadeiras básicas como para as que o não são.

Pela combinação destes sistemas — planos de estudo elásticos e sistema unitário de classificação — tanto para a passagem do ano como para a obtenção do diploma, apenas é exigida a passagem nas cadeiras fundamentais e a obtenção duma dada pontuação. Assim, por exemplo, em engenharia civil, para passar em Resistência de Materiais era necessário a obtenção de 10 pontos, em Topografia 8 pontos, em Mineralogia 6 pontos, etc. Para passar um ano é necessário ter aprovação nas cadeiras básicas e em algumas

(1) Extraído do depoimento dum professor universitário contrário aos planos de estudo rígidos.

optativas, de modo a que a pontuação atingisse um determinado valor, prèviamente estabelecido.

A conjugação destes dois sistemas afigura-se-nos muito mais racional do que o usado entre nós e a principal defesa que podemos invocar consiste em que é corrente avaliar-se o progresso duma universidade pelo estado em que se encontram os planos de estudo elásticos.

O sistema de classificação unitária podia ser estabelecido desde já, o que trazia grandes benefícios ao ensino.

Os planos de estudo elásticos apenas deviam ser introduzidos depois de realizada uma longa divulgação, podendo começar-se por tornar mais numerosos os cursos facultativos.

* *

3 — *Elaboração dos planos de estudo de modo a satisfazerem às necessidades do País.*

Parece não haver contestação possível ao facto de serem as necessidades do País que regulam a reorganização dos cursos e dum modo particular das cadeiras de especialidade. O Instituto devia ser uma antena sensível a qualquer variação técnica do País, sempre apto a responder prontamente às necessidades deste. Para isso, é necessário uma auscultação constante do ambiente técnico português; para eliminar qualquer influência pessoal nesta actuação importante, deviam existir comissões especiais, das quais falaremos mais adiante, encarregadas de realizar inquéritos entre industriais competentes e antigos alunos com alguns anos de vida profissional, tanto nas indústrias, nas empresas particulares, como nas repartições públicas; nas respostas, os consultados deviam indicar qual o partido que tinham tirado na vida prática das cadeiras, muito especialmente das profissionais, ensinadas no I. S. T., quais as necessidades técnicas e sociais do País, ao mesmo tempo que forneciam opiniões tendentes ao aperfeiçoamento do ensino no Instituto. Essas comissões agiam de acordo com as respostas recebidas, em estreita colaboração com os professores, subordinando-se ao parecer da direcção do Instituto. Este modo de proceder trazia também a enorme vantagem de se poder conhecer a utilidade dos planos de estudo das cadeiras básicas e era um excelente meio de apreciação, com a menor influência interesseira possível, da competência de professores e assistentes. Era também um processo de ligar ao Instituto o destino dos seus diplomados, criando aquele espírito de escola que vai rareando entre nós e que é tão urgente para o estabelecimento das tradições novas do Instituto, necessárias à sua vida como o prestígio é para o êxito de todo o profissional.

O estabelecimento dos planos de estudo das cadeiras básicas ficavam a cargo dos professores respectivos, que agiam em estreita colaboração, de modo que elas constituissem um todo orgânico e integrado no objectivo de fornecer uma preparação científica para engenheiros e não para matemáticos e físicos ou químicos; naturalmente, estes professores estavam atentos às oscilações da ciência e da técnica, aos resultados dos inquéritos e àquilo que se passasse em estabelecimentos universitários congéneres. Este modo de proceder implica a dedicação exclusiva destes professores ao ensino, mas falaremos deste assunto mais adiante.

A realização de inquéritos devia começar desde já, sendo apenas necessário, para isso, coragem para agir de acordo com a justiça e com o parecer daqueles que sentiram a influência do ensino ministrado no I. S. T.

Este processo de agir não é inovação, porquanto já foi usado parcialmente pelo Dr. Alfredo Bensaúde, quando da criação do I. S. T. e continua a sê-lo nos países que se preocupam sèriamente com a educação.

* *

4 — *Diversificação dos planos de estudo nas diferentes escolas de engenharia*

Esta é uma questão muito debatida entre nós e implica o tão discutido problema de equivalências entre o Instituto, as Faculdades de Ciências e a Faculdade de Engenharia do Porto.

Este assunto será tratado na devida altura; por agora, enunciaremos um certo número de princípios que serão os suportes das considerações posteriores.

«É inconveniente bem manifesto impor-se concordância na organização de escolas, quando estas não sejam de ensino geral. Às escolas superiores especiais, dotadas de autonomia, deve exigir-se apenas concordância nas habilitações dos seus alunos e não na composição e duração dos cursos, o que, sem garantir que estes se equivalham, elimina pràticamente a autonomia escolar, elemento essencial de progresso.

«Como a ciência do engenheiro é muito vasta, não é possível ensiná-la toda nos anos de duração dum curso. O fim das escolas técnicas superiores é apenas dar ao aluno o conhecimento e o tirocínio dos métodos científicos e habituá-lo a resolver por si os problemas que, na prática, se lhe possam apresentar. Ora esses conhecimentos e essas habilitações podem adquirir-se em escolas diferentes, sem lhes impor concordância.

«A diferenciação pode até ser uma necessidade para que cada uma delas tire o maior partido das competências especiais dos seus professores e das condições locais das suas sedes.

«Se considerarmos as várias escolas onde se professam cursos das mesmas especialidades de engenharia, não encontraremos duas com as concordâncias» [1] que se pretende estabelecer entre a F. E. P. e o I. S. T.

Em o nosso País, existem certos ramos de indústria que podiam absorver engenheiros especializados, mas que não se desenvolvem convenientemente por falta destes; era também uma questão a esclarecer pela realização dos inquéritos citados, elaborando-se o ensino no sentido de serem satisfeitas estas condições. É nossa convicção, mais intuitiva do que esclarecida por factos, que o País tem capacidade para absorver engenheiros com especializações mais pronunciadas que as actuais. Existem certas indústrias, tais como de cortiça, conservas de peixe, de tecelagem, de curtimento, de luminotecnia, de acústica, de aquecimento e refrigeração, etc., etc., que devem ter movimentos de produção e consumo suficientes para justificarem a existência de um engenheiro para orientar as suas actividades e que davam origem a outras tantas especializações a criar nas escolas de engenharia. Nesta acção era necessário proceder de modo a prestar e a pedir esclarecimentos aos industriais interessados, fomentando o emprego de engenheiros em ramos da indústria ainda no estado embrionário. Devido à inércia e ao atraso técnico de tais indústrias, a iniciativa devia partir do Instituto que, a proceder assim, contribuía eficazmente para o progresso do País, cumprindo uma parte notável da missão social que tem a desempenhar. Deste modo ficava profundamente vinculada no Instituto a realidade técnica do País, interessando-se os alunos pelos problemas económicos e sociais que dominam colectivamente a Nação.

O isolamento actual entre o País e o Instituto é prejudicial a todos: aos alunos que desconhecem por completo o ambiente em que irão exercer a sua profissão; às indústrias e às empresas particulares que não sabem as possibilidades que lhe fornece o Instituto de lhes dispensar pessoal competente.

Como os cursos especializados tradicionais entre nós estão, em certos ramos, a sofrer uma crise crescente de colocação dos seus diplomados, torna-se urgente esta acção.

---

(1) «Notas Histórico-Pedagógicas sobre o I. S. T.» — Dr. Alfredo Bensaúde.

Devia tornar-se esta actuação extensiva à F. E. P., para que a cada uma das nossas escolas de engenharia ficassem agregadas certas especialidades que não se repetiam na outra.

Não julgamos conveniente possuir duas universidades de engenharia que ensinem precisamente as mesmas especialidades; num País pequeno e pobre como o nosso, com recursos naturais ainda por explorar ou deficientemente explorados, o fundamental é que as universidades de engenharia se diversifiquem ao máximo e se conjuguem de modo a fornecer os técnicos precisos à elevação económica e social da população.

É este o modo de proceder na maior parte das universidades de engenharia dos principais países da Europa e nos E. U., em que cada universidade se caracteriza não só pelo ensino intenso das matérias de formação técnica e científica, mas também pela elaboração de estudos especializados em determinados ramos que, dum modo geral não se repetem nas outras universidades.

(Continua)

Ciclo de Conferências sobre o Ultramar

no Salão Nobre do I. S. T., pelas 21,30 h.

Terça-feira, 15 de Maio de 1951

ARQ. JOÃO AGUIAR

— *Casas e Cidades.*

Sexta-feira, 18 de Maio de 1951

PROF. DR. ORLANDO RIBEIRO

— *A Terra e a Gente.*

Terça-feira, 22 de Maio de 1951

ENG. RUY DE SÁ CARNEIRO

— *Problemas técnicos em África.*

Sexta-feira, 25 de Maio de 1951

PROF. Eng.º CID PERESTRELO

— *As Comunicações.*

Terça-feira, 29 de Maio de 1951

ENG.º FERNANDO MOUTA

— *Geologia e Minas do Ultramar.*

Sexta-feira, 1 de Junho de 1951

ENG.º TRIGO DE MORAIS

— *A água na valorização do Ultramar.*

GABINETE DE ESTUDOS HIDRÁULICOS

ORGANIZADO EM 1945

Telefones 4 5451 e 5 3873 — Rua Rodrigo da Fonseca, 62-4.º D.to — LISBOA

ABASTECIMENTOS de ÁGUA

Direcção do
Eng.º Ferreira Chaves

Alguns trabalhos realizados:

Abastecimento de Água de Setúbal.

Ampliação do Abastecimento de Água do Funchal (Plano Geral).

CAPTAÇÕES SUBTERRÂNEAS
SONDAGENS

Direcção do
Eng.º Augusto Cavaco

Alguns trabalhos realizados:

Estação de Valada (Comp.ª das Águas de Lisboa).

Captações do Canário (S. Miguel — Açores).

TRABALHOS MARÍTIMOS
FUNDAÇÕES

Direcção do
Eng.º Vasco Costa

Alguns trabalhos realizados:

Estudo de obras acostáveis (Figueira da Foz e S. Tomé).

Fundação flutuante sobre lôdos (Sacavém).

APROVEITAMENTOS
HIDRO-AGRÍCOLAS
E
HIDRO-ELÉCTRICOS

—

"APAGEL"

Direcção do
Eng.º Barrancos Vieira

Alguns trabalhos realizados:

Rega (projectos e execução):

Aprov. Hidro-Agrícola de Vale de Moura (Rega de 250 ha).

Aprov. Hidro-Agrícola de Mercês (Rega de 40 ha).

Energia (projectos):

Aprov. Hidro-Eléctrico do Biópio (Angola).

Obras de Derivação e Central Subterrânea de Salamonde (Cávado).

PRODUTOS
DYRUP

TINTAS E VERNIZES
TIPO AMERICANO

FÁBRICA DE
TINTAS DE SACAVÉM
S. A. R. L.
SACAVÉM—PORTUGAL
TEL. { SACAVÉM 105
LISBOA 42651 42156

Companhia União Fabril
Sede: Rua do Comercio, 49
LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL
DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval
(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica

Companhia Portuguesa de Fundações e Sondagens, L.da

(FUNSON)

Concessionários das "Patentes François"

Impermeabilização de barragens, depósitos, túneis, etc.
Profundação de poços e perfuração de galerias.
Sondagens a percussão e rotação, captação de águas e furos artesianos.
Estacaria «FRANÇOIS» de betão e injectados.
Análises por métodos geofísicos.
Injecções de argamassa Coloidal «*Colgrout*» e «*Colcret*»

Calçada do Combro, 32-2.° Dt.° — Telef. 21583 - LISBOA

DETERMINAÇÃO NO CAMPO DO ÍNDICE CALIFORNIANO DE RESISTÊNCIA

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) J. M. SEGURO
(Da Direcção-Geral da Aeronáutica Civil)

C. D. 624.131.38

1. Necessidade dos ensaios de campo

Entre os processos usualmente seguidos para o cálculo de pavimentos flexíveis, o método baseado na determinação do índice californiano de resistência ocupa uma posição de privilegiada actualidade. Para além da larga controvérsia que vem sendo sustentada por numerosos investigadores acerca do seu real valor metodológico, verifica-se um indiscutível interesse prático na sua utilização.

A Direcção-Geral da Aeronáutica Civil vem desde há muito realizando sistemàticamente, na elaboração dos projectos de pavimentos, uma constante aplicação deste método com resultados considerados absolutamente satisfatórios. Para tanto, muito tem contribuído a prudente interpretação dos resultados obtidos laboratorialmente em face dos condicionamentos impostos pelos programas estabelecidos em cada projecto.

O método, tal como tem sido aplicado, consiste na realização de uma cuidadosa prospecção de subsolo nas áreas a pavimentar com amostragem das terras consideradas típicas. Sobre as amostras assim obtidas além dos ensaios correntes de identificação são efectuados «Ensaios californianos de resistência» segundo normas adequadas ([1]).

O dimensionamento dos pavimentos, uma vez definidas as características do tráfego a suportar (frequência de passagens e tonelagem das aeronaves) é realizado por intermédio de diagramas de cálculo em face dos resultados daquele ensaio.

Estes diagramas permitem fixar as espessuras a adoptar para os pavimentos, uma vez conhecidos a tonelagem da «roda teórica de cálculo» e o índice californiano de resistência determinado experimentalmente.

A falta de uniformidade dos terrenos em toda a área a pavimentar, especialmente no caso dos aeródromos metropolitanos, obriga a que, sendo utilizada uma espessura constante do pavimento, numas zonas haja desperdício de materiais e noutras possa haver insuficiência de dimensionamento, se aquela espessura for inferior à correspondente ao valor mínimo do índice de resistência determinado nestas zonas. Porém, convém acentuar desde já, que os índices de resistência que servem de base ao projecto, são obtidos *para um determinado estado de humidificação e compacidade* das terras. Esta observação é de especial importância pois que, a não serem reproduzidas as mesmas condições na obra, o incorrecto dimensionamento atrás realçado pode atingir-se também por um imperfeito processo de trabalho, conducente a características não coincidentes com as previstas.

Por outro lado as condições locais da obra podem impedir a verificação daqueles mesmos estados para os quais foram determinados os índices de resistência.

Podendo ser, por razões de tão variada natureza, falseados os elementos fundamentais do projecto, corre-se òbviamente o risco da hipótese de cálculo não correspon-

([1]) As normas seguidas diferem um tanto do método corrente, seguindo a orientação que lhes é imposta pelo Laboratório de Engenharia Civil, entidade que realiza os ensaios para fins de projecto. Escusamo-nos à pormenorização destas normas que não são essenciais para a compreensão deste trabalho.

der realmente ao valor atingido pelos trabalhos construídos. Esta conclusão implica o reconhecimento de que *os processos usuais de controle de compactações são insuficientes para garantia duma determinada capacidade de suporte* para as infraestruturas construídas.

Ao realizar uma obra de pavimentação em que seja fundamental a obtenção duma determinada capacidade de suporte há portanto que garantir por provas decisivas o inteiro cumprimento dos objectivos estabelecidos no projecto.

Infelizmente a realização final de ensaios de carga necessários para a recolha de dados que porventura conduzirão ao esclarecimento deste problema que urge teoretizar, se bem que constituindo a base mais segura actualmente para a avaliação duma obra desta natureza, apresenta inconvenientes de ordem prática que muito condicionam a sua efectivação: o custo de tais ensaios, a imprecisão das conclusões que é legítimo tirar dos resultados obtidos, pelo menos na fase actual de conhecimento, e finalmente porque constituem uma prova final de que não se pode tirar partido *na própria construção já realizada.*

O ensaio californiano de resistência ainda não alcançou uma posição que permita o seu emprego para basear conclusões desta natureza. Mas é evidente que sendo aceite como método de cálculo está naturalmente indicado como método de verificação. A prova de falsidade das suas conclusões como método de verificação — não considerando a diversidade de técnicas utilizadas — implica a condenação do método para projecto.

Além das dificuldades de ordem técnica atrás salientadas encontram as entidades responsáveis pela realização destes trabalhos, outras de natureza administrativa. Na realidade a ocorrência de camadas localizadas de características não verificadas na prospecção podem obrigar a alterar o partido construtivo aprovado e, consequentemente, o contrato da empreitada de construção.

Há que, nestas circunstâncias, justificar convenientemente essas alterações.

Para em bases práticas atenuar todos os inconvenientes apontados a Direcção-Geral da Aeronáutica Civil estudou um equipamento portátil para determinação no campo do índice californiano de resistência, cujas experiências de utilização decorrem actualmente com êxito. O equipamento de ensaio, de fácil improvisação, obtém na própria obra os valores de controle desejados justificando, oportuna e convenientemente, alterações locais que se imponham. Essas alterações, quando de pequena extensão, limitam-se à substituição da camada do solo de fundação; em certos casos porém reconhece-se a necessidade de alteração da espessura, e por vezes da própria natureza do pavimento prèviamente proposto.

A realização destes ensaios sobrepondo-se à dos ensaios correntes de controle de compactação e de identificação de solos não conduz, em geral, a um aumento de exigências de acabamentos em relação às normais. Constitui contudo uma medida de segurança quanto à conformidade da realização perante o projecto.

Nos contratos de empreitada por articulação conveniente obriga-se à obtenção de determinados mínimos de capacidade de suporte anteriormente verificados possíveis. Quando se constate que os processos de construção mais adequados não permitem, dentro dos elementos estruturais previstos a obtenção daqueles mínimos, garante-se aos contratantes a indemnização por trabalhos não previstos e a satisfação do programa da obra, respectivamente.

A técnica de realização destes ensaios foi estudada para que, simultâneamente com os fins práticos apontados, se obtivessem dados para o futuro julgamento do valor do método adoptado.

2. Natureza, aparelhagem e técnica do ensaio

Chama-se *índice californiano de resistência (CBR)* à razão, expressa em percentagem, das forças necessárias para realizar uma determinada penetração num solo P, por um êmbolo cilíndrico de 19,3 cm^2.

(3 polegadas quadradas), e num material de comparação P_s.

$$i_{CBR} = \frac{P}{P_s} \times 100 \qquad (1)$$

O êmbolo deve durante o ensaio penetrar a velocidade constante de 1,27 mm por minuto (0,05″ por minuto) e o ensaio deve realizar-se pelo menos até que seja obtida a penetração de 5,07 mm (0,2″).

Determinadas as forças que produzem as penetrações de 2,54 mm e 5,07 mm calculam-se

$$i_1 = \frac{P_{2,54}}{1360} \times 100 = 0{,}0135 \quad P_{2,54} \qquad (2)$$

e anàlogamente

$$i_2 = \frac{P_{5,07}}{2040} \times 100 = 0{,}049 \quad P_{5,07} \qquad (3)$$

Quando o valor encontrado pela expressão (3) for superior ao determinado em (2) o ensaio deve ser repetido; no caso de se confirmarem os resultados adopta-se para resultado final a grandeza do maior valor encontrado em qualquer dos ensaios.

Se pelo contrário o valor determinado por (2) for superior, adoptar-se-á este para resultado do ensaio de determinação do índice californiano de resistência.

As forças de comparação utilizadas em cada uma das expressões indicadas constam do quadro anexo.

QUADRO

Relação de forças e penetração no macadame californiano padrão

Penetrações		Forças	
mm	pol.	kg	lib.
2,54	0,1	1360	3000
5,07	0,2	2040	4500
7,62	0,3	2590	5700
10,15	0,4	3130	6900
12,7	0,5	3540	7800

O equipamento portátil para determinação no campo da capacidade de suporte dum solo ou camadas de fundação de pavimentos é constituído por:

a) 1 macaco de elevação com parafuso micrométrico para descargas lentas;
b) 1 êmbolo de penetração acoplado a um macaco de ajustamento e medição de forças;
c) 1 prato de ligação com articulação;
d) Sobrecargas, instrumentos de medida e acessórios, compreendendo:

— 3 sobrecargas de 4,5 kg, tendo um encaixe para suporte de deflectómetro (fig. 1);
— 1 sobrecarga de 2 kg;
— 2 suportes de deflectómetro com 2 braçadeiras cada (fig. 1)

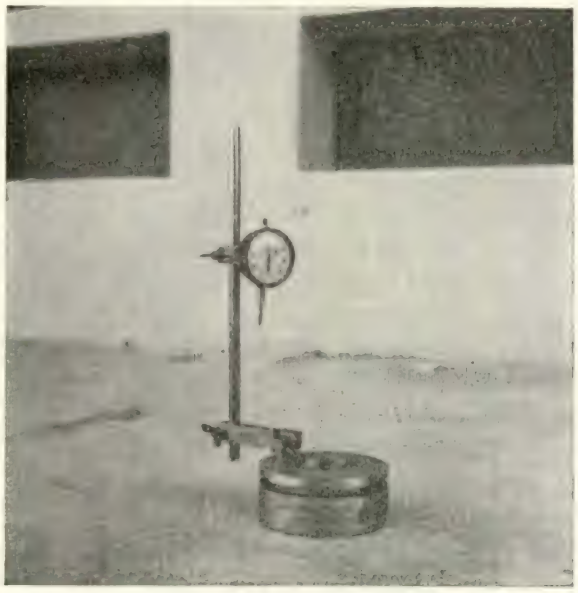


Fig. 1 — Sobrecarga com suporte de deflectómetro para leitura de deformações

— 1 régua de apoio de suporte de deflectómetro (fig. 2);
— 2 hastes de comando a distância das válvulas dos macacos;
— 1 molde com base para o ensaio CBR de laboratório, com bordos aguçados para colheita de amostras intactas (Fig. 3);

— Porcas e sobressalentes para aperto da peça (c);
— 4 manómetros;
— anilhas de couro para ajustamento de manómetros;

Fig. 2 — Régua de suporte do deflectómetro

— 1 chave de manobra
— 2 deflectómetros;

e) Equipamento de campo para determinação de humidades;

f) Um camião com carlinga furada para ligação da peça (c).

A técnica do ensaio consiste na realização de operações simples e pouco demoradas que a seguir se descrevem.

Sempre que se pretenda fazer uma série de ensaios convém inicialmente realizar os seguintes trabalhos preparatórios:

— Proceder à furação do banzo inferior da carlinga da rectaguarda do camião de manobra e fixar a cabeça articulada de ligação do sistema macaco-êmbolo de penetração (indicada na alínea *c*) da lista de aparelhagem).

— Escolher adequadamente o manómetro para os ensaios a realizar.

A montagem deste deve respeitar um aperto suficiente e a correcta orientação do mostrador para o que se utilizarão anilhas de ajustamento.

— Realizar um ou mais ensaios prévios para determinação da posição de válvula de descida necessária para respeitar as condições do ensaio.

Uma vez conduzido o camião de manobra ao local de ensaio, aplica-se a cabeça do macaco de elevação no eixo da viatura sob a caixa do diferencial. Entre o terreno e o macaco interpõe-se um estrado de distribuição de cargas e nivelamento da base do macaco.

Fecha-se a válvula e eleva-se o camião para o que se utiliza a haste com extensão do equipamento. A elevação deve ser suficiente para a montagem do penetrómetro e utilização deste, mas garantindo a perfeita elevação dos rodados do camião (fig. 4).

Uma vez elevado o camião regulariza-se ligeiramente a superfície a ensaiar e procede-se à montagem do êmbolo de penetração.

Para se realizar esta, o conjunto macaco de ajustamento — êmbolo de penetração é

Fig. 3 — Molde «CBR» com bordo aguçado para colheita de amostras

ligado à cabeça articulada para o que é necessário incliná-lo lateralmente em direcções convenientes para o aperto das porcas de orelhas. (fig. 5).

Fig. 4 — Elevação prévia do camião

O equipamento compreende 2 porcas sobressalentes para este efeito.

Quando haja que utilizar sobrecargas estas serão colocadas conjuntamente nesta operação.

Uma vez efectuada a montagem anterior, o êmbolo é verticalizado com o auxílio do nível existente na face exterior do prato de ligação do êmbolo de penetração, e regulando-se a sua altura pela extensão do êmbolo quer pela bomba quer desenroscando a

Fig 5 — Ligação do aparelho à carlinga do camião

camisa interior. Fechada a válvula do macaco de ajustamento e medição é este cuidadosamente posto em carga no mínimo necessário à sensibilidade do manómetro.

Nesta operação tem-se o cuidado de que o êmbolo de penetração não toque nas paredes interiores das aberturas das sobrecargas que para o efeito dispõem dum diâmetro suficiente.

Procede-se em seguida à montagem e ajustamento dos deflectómetros para o que se coloca aproximadamente numa posição conveniente, a régua de apoio do suporte de deflectómetro, cravando os pernes suficientemente no solo (fig. 6).

Fig. 6 — Colocação de deflectómetros

Fixado o deflectómetro ao perne respectivo, obriga-se a sua ponta a apoiar-se no prato do parafuso de ajustamento do êmbolo de penetração, e fixam-se todas as peças de suporte. Roda-se depois o parafuso de apoio da ponta do deflectómetro até que este se encontre completamente deformado (Fig. 7).

Usando-se o método de ensaio adiante descrito será montado um segundo deflectómetro no prato de apoio respectivo, operação que é realizada dum modo análogo ao descrito.

Quando o ensaio for realizado até à penetração de 12,07 mm com deflectómetros

de 1,0 cm tem de ser feito novo ajustamento dos deflectómetros para as leituras finais.

Realizadas as montagens e ajustamentos indicados anteriormente (fig 8) abre-se a válvula do macaco de elevação até à posição estudada prèviamente de modo que a velocidade de descida se aproxime de 1,27 mm/minuto (0,5″/minuto).

Fig. 7 — Ajustamento de deflectómetros

Pràticamente convém fixar o valor de 1 mm/minuto para esta velocidade de penetração para que o movimento regular do ponteiro do deflectómetro tenha uma velocidade idêntica à dos ponteiros de segundos, o que facilita a condução do ensaio com regularidade.

O comando da válvula de descida, sobre a qual pode ser necessário actuar durante o ensaio, é feito por intermédio da haste de regulação.

Iniciado o ensaio fazem-se leituras de deflectómetro, ou deflectómetros, e do manómetro em cada meio milímetro de penetração podendo o ensaio normalmente ser considerado terminado logo que atinja o valor de 2,54 mm; contudo sempre que seja possível deve atingir-se o valor de 5,07 mm e cumprir com o indicado anteriormente. É conveniente em cada série de ensaios sobre terrenos nas mesmas condições e natureza, realizar alguns ensaios até à penetração de 12,7 mm.

Terminadas estas operações fecha-se a válvula de comando da descida e abre-se a do macaco de ajustamento; desmonta-se o sistema de leitura de penetração e o sistema êmbolo de penetração-macaco de ajustamento, baixa-se o macaco de elevação e retira-se a camionete.

Imediatamente faz-se a colheita de terreno para determinação da densidade e humidade.

Do ensaio realizado nas condições do número anterior será feito um registo de observações conforme o modelo anexo (fig. 9).

O ensaio deve ser conduzido por uma equipe de 3 operadores: o leitor do deflectómetro principal que comanda as leituras; o leitor do deflectómetro n.º 2 e o leitor do manómetro.

O leitor do deflectómetro n.º 2 será o

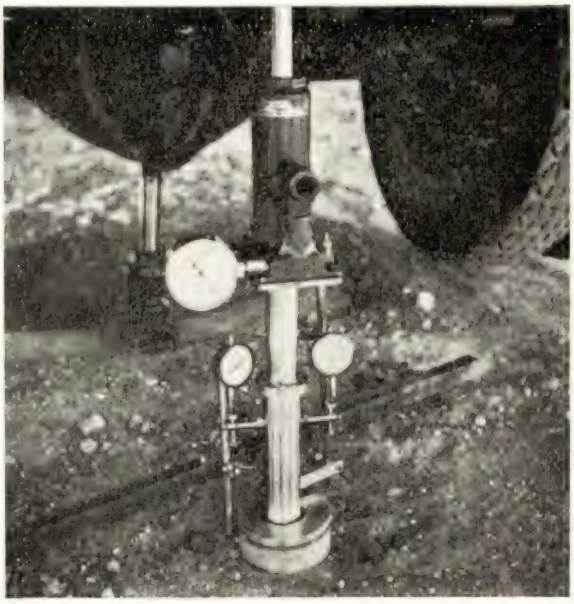


Fig. 8 — Aspecto geral da montagem

registador enquanto o leitor do deflectómetro n.º 1 comandará as operações do ajustamento da descida do camião.

Durante todo o ensaio deve observar-se que os operadores ocupem posições de segurança contra um possível derrubamento.

A adopção dum estrado de distribuição de cargas do macaco de elevação que man-

tenha este numa posição correcta bem como a perfeita verticalização do êmbolo de penetração contribuem decisivamente para evitar qualquer acidente.

ção do equipamento como também, como dissemos, para os operadores em serviço (fig. 10).

Durante o ensaio devem ser usadas

DIRECÇÃO GERAL DA AERONAUTICA CIVIL
DETERMINAÇÃO DO INDICE (C.B.R.).....
LOCALIZAÇÃO.....

DEFLECTOMETRO Nº1		DEFLECTOMETRO Nº 2		MANOMETRO Nº		C.B.R.
Leitura	Diferença	Leitura	Diferença	Leitura Kg/cm²	Força corrigida Kg.	0,0735 P 2,54 = 0,049 P 5,07 =

ENGENHEIRO

OPERADOR

DENSIDADE			HUMIDADE		
(1) TERRA HUM. + SONDA Nº			(5) TERRA HUM. + QUEIMAD. Nº		
(2) TARA DA SONDA			(6) TERRA SECA+QUEIMADOR		
(4) VOLUME APARENTE			(10) ÁGUA (5)-(6)		
(9) TERRA HUMIDA (1) (2)			(7) TARA DO QUEIMADOR		
(3) TERRA SECA (9) : 1+(8)			(11) TERRA SECA (6)-(7)		
DENS. AP. SECA (3):(4)			(8) HUMIDADE 100×(10):(11)		

Dez. 950

Fig. 9 — Modelo de registo utilizado, do formato A-5 (148 × 210 mm) em cadernos de folhas soltas

Na realidade, não apoiando devidamente o macaco de elevação, em especial quando o vento actuar sobre a camionete, pode provocar o derrubamento do sistema que pode ser perigoso não só para a conserva-

sobrecargas destinadas a reproduzir na zona vizinha do ensaio as tensões correspondentes ao peso do pavimento a construir.

Para esse efeito o equipamento dispõe de sobrecargas de cerca de 5 kg e 2,5 kg

correspondentes aproximadamente a espessuras de pavimento de 0,25 m e 0,125 m.

Nos ensaios para projecto de pavimentos devem ser feitos ensaios com uma sobrecarga correspondente a uma espessura hipotética de pavimento. Segundo o resultado do ensaio e atendendo à roda teórica de cálculo a considerar pode ser depois necessário repetir o ensaio com as sobrecargas convenientemente corrigidas.

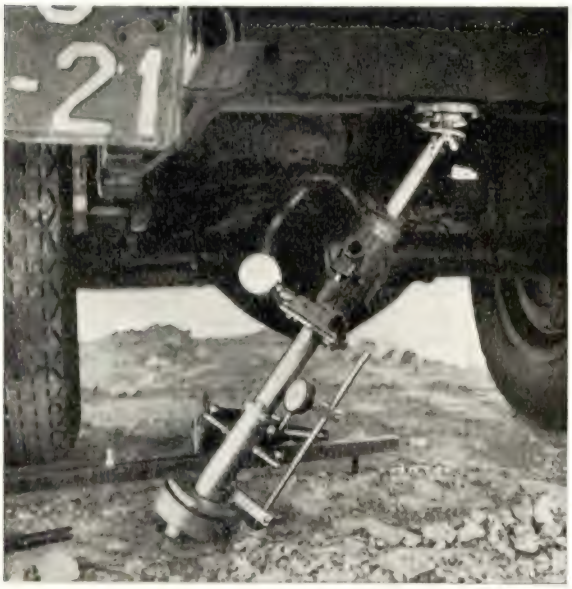


Fig. 10 — Derrubamento por acção do vento lateral ou cedência do apoio do macaco de elevação

Cada equipamento deve dispor de jogos de manómetros com escalas variadas correspondendo a diferentes necessidades de precisões.

Cada manómetro é convenientemente aferido e é necessário repetir periòdicamente a sua aferição para garantia de resultados.

É conveniente a organização de tabelas de correspondência de pressões-forças que ajudem o preenchimento dos impressos de cálculo. Estas tabelas devem indicar a data da aferição a que dizem respeito, correspondendo evidentemente uma a cada manómetro.

3. Algumas observações acerca do ensaio

A realização do ensaio CBR sobre camadas dotadas de grande coesão e elevada resistência à penetração pode provocar uma apreciável deformação elástica da camada ensaiada. Nestas circunstâncias uma parte da deformação medida é relativa à penetração do êmbolo e outra à deformação elástica da camada.

Na realidade não interessa para a determinação do índice californiano, distinguir qual a natureza da deformação; por definição o valor do CBR é baseado apenas na avaliação do movimento total do pistão de penetração. Presume-se porém que o conhecimento da grandesa de cada uma das deformações pode auxiliar para uma melhor definição das características da camada ensaiada.

A orientação dos ensaios medindo as duas deformações, permitirá coleccionar uma importante documentação que poderá constituir a base de um aperfeiçoamento do método para avaliação de fundações de pavimentos.

É ainda cedo para formular hipóteses acerca da evolução futura destes estudos mas desde já se pode admitir a possibilidade de:

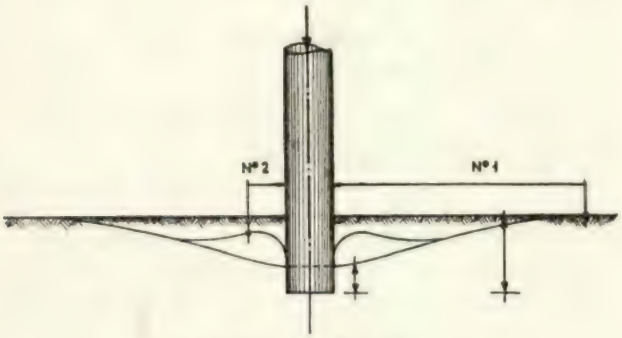
—Corrigir a natureza do índice de medição de capacidade de carga;
—Permitir a caracterização da natureza da superfície da camada ensaiada.

O estudo da influência do efeito da flexão no resultado do ensaio CBR, pode grandemente ser facilitado pela realização de ensaios laboratoriais em amostras com a mesma preparação dos solos ensaiados. O ideal será a realização de ensaios laboratoriais sobre amostras não remexidas.

Nestas condições o equipamento dispõe dum molde CBR standard com bordos aguçados servindo para a colheita de amostras não remexidas (fig. 3). A sua utilização permitirá adicionar novos dados para o esclarecimento do problema em estudo.

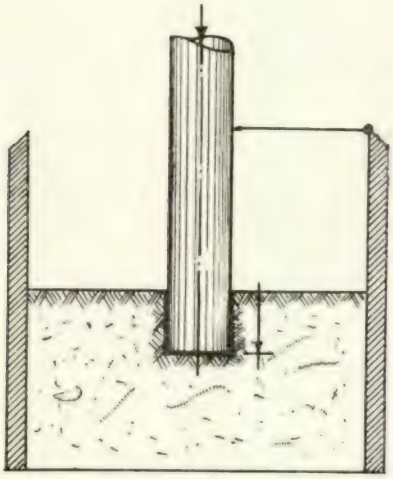
No ensaio de campo a penetração do êmbolo é medida por um deflectómetro ligado a uma haste ajustável aplicado numa régua fixada ao solo a uma distância suficiente para os seus apoios não serem apreciàvelmente influênciados pelas deformações do solo (fig. 11).

Quando se aplica a carga, se a deformação sofrida pela camada a ensaiar for apenas de corte, a grandeza medida é idêntica à obtida em laboratório (a menos a diferença provocada neste pelo efeito de parede e da base incompreensível). Se porém houver uma flexão geral da zona visinha à aplicação da carga, o mesmo deflectómetro (designado



ENSAIO NO CAMPO

por n.º 1) medirá a deformação por corte somada à deformação por flexão. Em muitos casos porém poderá ser observado um refluimento na visinhança do êmbolo de penetração.



ENSAIO LABORATORIAL

O deflectómetro n.º 2 ligado à sobrecarga lateral medirá a deformação de corte quando não haja refluimento.

O conjunto de medições apresenta-se assim com um certo interesse para uma tentativa dum melhor conhecimento da importância relativa das variáveis em jogo.

Contudo o desconhecimento da mecânica dos fenómenos de compressibilidade na sua relação com a coesão da camada ensaiada que interessa aos fenómenos de deformação em observação e a sua mútua influência, prejudicam uma teoritização imediata para orientação em bases seguras das investigações preconizadas.

Continuando portanto os estudos julga-se conveniente desde já conduzir os ensaios obtendo os dados adicionais indicados que, esclarecendo muitos pontos de pormenor poderão ainda contribuir para um novo equacionamento geral desta questão.

Nestas condições o ensaio deverá, sempre que tal não prejudique o andamento dos trabalhos de fiscalização, ser conduzido em tudo dum modo análogo ao descrito realizando-se contudo leituras nos deflectómetros n.º 1 e n.º 2. No final do ensaio serão observados e registados os andamentos de recuperação das deformações em cada um dos deflectómetros quer para uma retirada brusca da totalidade da carga (abertura completa da válvula do macaco de ajustamento) quer progressiva.

Ainda com o auxílio do camião e do macaco de elevação será recolhida uma amostra não remexida no molde CBR em que se repetirá o ensaio garantindo a colocação deste sobre uma base indeformável.

4. Notas finais e agradecimento

Futuras modificações da aparelhagem descrita são aconselháveis especialmente no respeitante ao sistema de medição de forças julgando-se conveniente a substituição do macaco com manómetros adaptados, sistema improvisado, por uma célula medidora de pressão. Igualmente são aconselháveis estudos de modificação que facilitem ainda mais a penetração a velocidade constante.

O equipamento vem sendo experimentado pela fiscalização das obras de construção dos aeroportos de Lisboa e Luanda.

A experiência adquirida ainda não permite tirar conclusões definitivas do seu real valor.

Cumpre-nos agradecer a autorização da publicação deste trabalho ao Exmo Sr. Engenheiro Carlos Themudo Barata, Director do Serviço de Obras da Aeronáutica Civil bem como a colaboração prestada pelo Laboratório de Engenharia Civil e a de numerosos colegas que sob diversos aspectos contribuiram para a sua realização.

APÊNDICE

Manómetros de serviço utilizados

A — Escala de 0-160 kg/cm^2, precisão de leitura 2,5 kg/cm^2. Usado para ensaios completos em terrenos fracos.

B — Escala 0-20 kg/cm^2, precisão de leitura de 1 $^1/_4$ kg/cm^2. Usado para ensaios correntes em terrenos fracos.

C — Escala 0-500 kg/cm^2, precisão de leitura $^1/_2$ kg/cm^2. Uso normal em terrenos médios.

D — Escala 0-500 kg/cm^2, precisão de leitura 5 kg/cm^2. Uso para terrenos excepcionalmente resistentes.

A correcção das leituras que depende das aferições realizadas, é do tipo

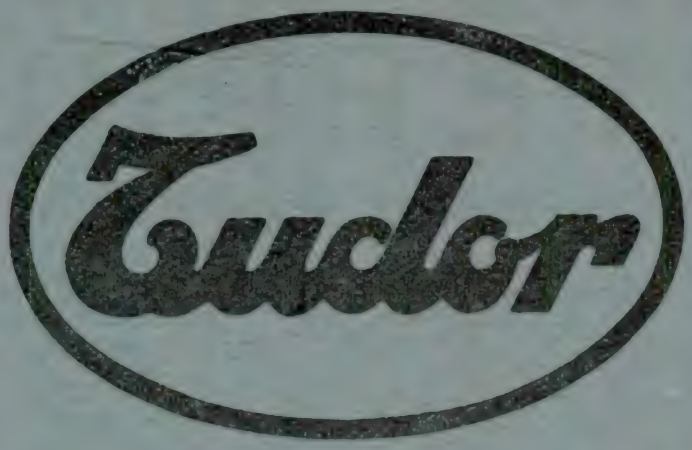
$$F = aP + b$$

sendo F a força exercida em kg

a e b constantes determinadas nas aferições

P pressão registada pelos manómetros em kg/cm^2.

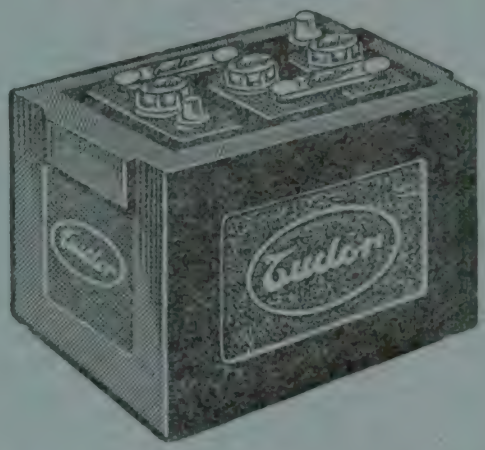
Os erros finais com que são determinados os valores do índice californiano, variam de 2 a 10 % conforme a correcção da escolha do manómetro conveniente.



BATERIAS DE ARRANQUE

- 15 ANOS DE FABRICAÇÃO EM PORTUGAL
- 15 ANOS AO SERVIÇO DO AUTOMÓVEL

- MAIOR DURAÇÃO
- TÉCNICA MODERNA



- FABRICAÇÃO RECENTE
- FAMA MUNDIAL

QUEM COMPROU BATERIAS
SÓ QUER . . .

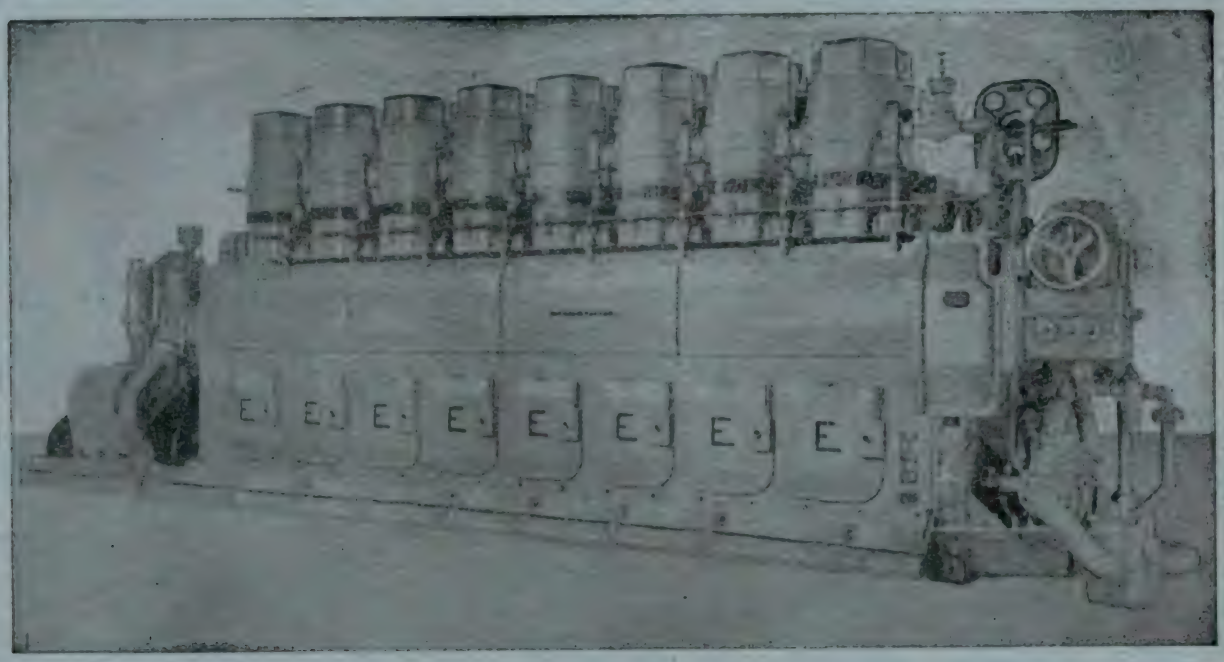
— À VENDA EM TODAS AS BOAS CASAS DA ESPECIALIDADE —

ESTAÇÕES DE SERVIÇO EM LISBOA:

AVENIDA ALMIRANTE REIS, 68—Telef. 51948
RUA DO ALECRIM, 99—Telef. 20823

ENTERPRISE

ENGINE & FOUNDRY COMPANY — U. S. A.



MOTORES DIESEL MARÍTIMOS — MOTORES DIESEL ESTACIONÁRIOS

GRUPOS DIESEL-GERADOR

45 a 2100 HP — **200 a 850 RPM** — **3 a 8 cilindros**

- Bloco de cilindros fundido numa só peça.
- Base fundida numa só peça.
- Camisas em contacto directo com a água.
- Cabeças de cilindro individuais.
- Cambota em aço forjado.
- Tirantes em aço forjado, Tipo marítimo.
- Bombas de injecção individuais.
- Válvulas em aço « SILICHROME »
- Lubrificação forçada.
- Balanceiros com sistema hidráulico para eleminação de folga.
- Válvula de arranque em todos os cilindros.
- Com ou sem sobre-alimentação.

CONSTRUÇÃO ROBUSTA — SERVIÇO CONTÍNUO — ECONOMIA

REPRESENTANTES:

• TERMO-MECANICA •

LIMITADA

AVENIDA ALMIRANTE REIS, 247, 1.º — **LISBOA**

POSSIBILIDADES DE VARIAÇÃO RÁPIDA DO FLUXO DOS ALTERNADORES DE GRANDE POTÊNCIA

PELO ENG.º (E. S. E.) LUÍS DA SILVA GARCIA RIBEIRO

Membro do C. I. G. R. E. e da S. F. E.
Antigo bolseiro do G. F. (Metropolitain Paris)
Eng.º na Oficina de Estudos Técnicos e Industriais, Ltd
provisòriamente em serviço nos A. C. E. C.
Charleroi — Bélgica

C. D. 621.313.3.013.1

Um dos problemas que urge resolver em Portugal é o da produção de energia eléctrica em grande quantidade para que as tarifas possam descer a valores módicos e os variados consumidores, electrificando o mais possível, conheçam as comodidades daí provenientes aliadas a economias interessantes.

É o que nos diz a razão e experiência dos países da Europa Central e da América do Norte.

Congratulando-nos ao ver que na realidade no nosso País se caminha para a justa solução, construindo centrais hidroeléctricas de potência considerável, lembrámo-nos de fazer o resumido estudo em questão.

Presentemente, a central hidroeléctrica mais potente da Europa Ocidental é a central do Génissiat que a «Companhia Nacional de Rhône» pôs a debitar no território francês sobre a rede inter-ligada da «Electricité de France».

Para se fazer uma ideia da ordem de grandeza dos valores em jogo, tomámos como exemplo, neste nosso breve estudo, justamente um dos 6 potentes alternadores da central hidroeléctrica do Génissiat cujos dados numéricos correspondem sensìvelmente às características dadas na página seguinte e que nos servirão para calcular sucessivamente:

1.º *Cálculo dos ampéres-espiras e correntes de excitação para a plena carga; tensão nominal e cos $\varphi = 0{,}93$; pelo método de Blondel*

A reactância longitudinal deduz-se imediatamente do gráfico junto

$$H_l = \frac{64{,}5}{94} = 68{,}65\ \%$$

O coeficiente K que intervém no diagrama de Blondel (coef. angular da curva característica em vazio) é pois

$$K = \frac{100}{15700} \quad \text{(referido à tensão em \%}$$

Tomando os valores em percentagem como habitualmente se faz na prática, teremos assim o diagrama definido por:

$$\left|\begin{array}{l} \overline{OA} = 100\ \% \\ \overline{AM} = 43{,}4\ \% \\ \overline{AN'} = 68{,}65\ \% \\ \overline{AC} = 10{,}4\ \% \end{array}\right.$$

A recta $\overline{OM}$ e as projecções sobre ela tiradas dos pontos A, C, N′ definem os pontos K, L, N, pelo que o diagrama nos dá imediatamente em percentagem

a) reactância transversal

$$H_q = \overline{AM} \quad \text{ou} \quad H_q = \lambda + \zeta$$

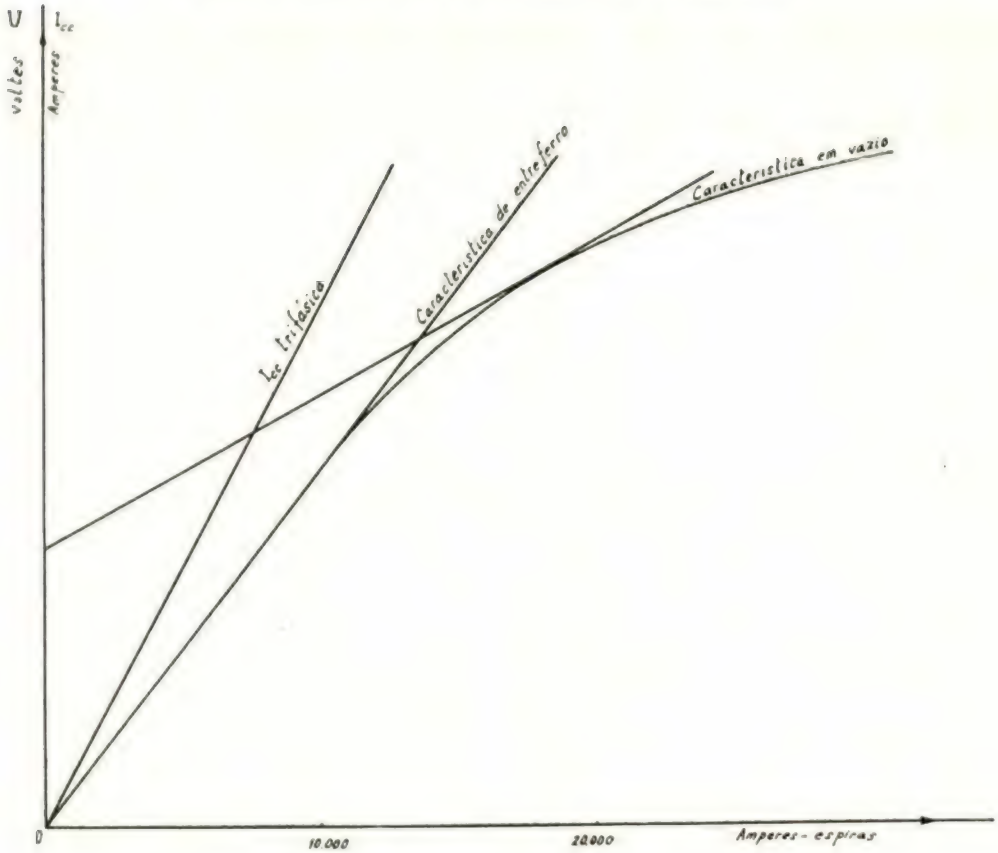
onde λ é a

b) reactância de fugas do induzido

$$\lambda = \overline{AC}$$

portanto pràticamente o mesmo que aparece no diagrama de Potier e ζ o coefi-

Características dos alternadores do Génissiat



U normal — 15 000 V
I normal — 27.00 A
70.000 kVA 15 kV cos φ = 0,93 150 r/m

Número de polos	40
Reactância de fuga do induzido	= 10, 4 %
Reactância síncrona transversal	= H_q = 43,4 %
Número de espiras	= 21,5 / polo
Fluxo total por polo	$\phi_t = -79 \times 10^6$ Max
Fluxo útil	$\phi_v = 66 \times 10^6$ Max.
Resistência total do rotor a quente (40 polos em série) . . .	0,187 Ω
PD^2 (alternador + turbina) = 12×10^6 Kgm^2	
Tensão normal de excitação = 250 V	

ciente de Blondel que como se sabe tem em consideração as saliências polares do induzido. Por outro lado, a projecção da reactância longitudinal $\overline{AN'}$ sobre a recta OH, dá (em %)

$$H_1 \text{ sen } \gamma = \overline{KN} \qquad K\alpha I \text{ sen } \chi = LN$$

mas $\chi = \widehat{IOK} = \widehat{KAM}$ → desfasagem da corrente em relação à f. e. m. longitudinal

$\theta = \widehat{AOK}$ → desfasagem da f. e. m. longitudinal em relação à tensão nos bornes correspondendo à decalagem angular do rotor.

Os ampéres-espiras do indutor são dados por

$$J = y.l + \alpha I \text{ sen } \chi \qquad \text{(plena carga)}$$

Ora, a característica em vazio dá yl correspondente a

$$\overline{El} = \overline{OL} \qquad \overline{El} = 101\ \%$$
$$\overline{yl} = 18.500 \text{ Ampéres}$$

Do diagrama vem

$$K\alpha I \text{ sen } \chi = 38\,\% \qquad K = \frac{100}{15700}$$

$$\alpha I \text{ sen } \chi = 5960$$

donde

$$J = 24.460 \quad AE/polo$$

A corrente de excitação é assim

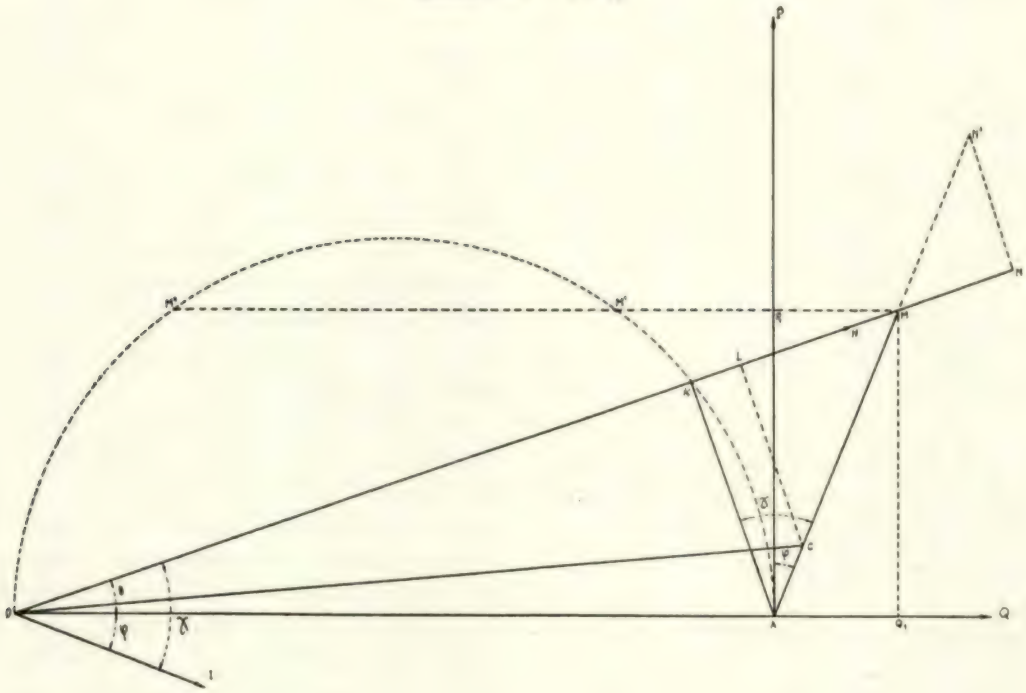
$$i = \frac{24.460}{21,5} = 1138 \text{ Ampéres}$$

derar constante. A potência capacitiva fornecida ou absorvida pela máquina é regulada pela excitação. No caso dos alternadores com polos salientes, as curvas em que a excitação é constante não são círculos. Podemos conceber a operação que consiste em obter a potência capacitiva máxima da seguinte maneira:

A potência activa mantendo-se constante representa-se pela projecção do ponto M sobre o eixo $\overline{AP}$ à escala conveniente. Se

Diagrama de Blondel

Escala ~ 1 mm / 1 %



Os valores reais das características da máquina são:

$$X_q = \frac{Hq}{100} \times \frac{Un^2}{Sn} = 1,39\,\Omega$$

$$X_l = 2,21\,\Omega \qquad l\omega = 0,334\,\Omega$$

2.º *Cálculo da potência capacitiva máxima susceptível de ser absorvida*

O alternador estando ligado à rede, a potência activa é regulada pela abertura das válvulas da turbina, que vamos consi-

diminuirmos a excitação, o ponto M descreve uma paralela a $\overline{OA}$. Notemos que o ângulo χ se torna negativo a partir da posição M′ até M″.

Podemos portanto reduzir a excitação a um valor mínimo, que nos determinará o valor limite da sua variação. Assim é possível e fácil construir a curva

$$J = f(I)$$

pois que C e N se deslocam sobre paralelas a $\overline{OA}$. O mínimo desta curva para

$$J = y.l + \alpha I \text{ sen } \chi$$

fixa-nos o ponto limite da estabilidade, isto é, o ponto que nos daria a potência capacitiva máxima que o alternador poderia absorver, se nos não encontrássemos limitados pelo valor da intensidade da corrente. Todavia, nós operaremos aqui por um método que nos dará uma maior precisão na fixação daquele ponto. O diagrama de «Blondel» como se sabe, permite-nos escrever as expressões das potências activa, reactiva e sincronisante (P, Q e ps)

$$\frac{P_1}{q} = \frac{EV}{X_1} \operatorname{sen} \theta + \frac{V^2}{Z} \operatorname{sen} 2\theta \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_1}\right)$$

$$\frac{Q_1}{q} = \frac{EV}{X_1} \cos \theta - \frac{V^2}{X_1} - \frac{V^2}{Z} (1 - \cos 2\theta) \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_1}\right)$$

$$p_s = q \cdot \frac{EV}{X_1} \cos \theta + q V^2 \cos 2\theta \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_1}\right)$$

em que E e V são respectivamente a f. e. m. e a tensão nos bornes e q o número de fases.

Temos pois as condições:

— Potência activa constante

$$P = 7 \times 10^7 \times 0{,}93 = 65{,}1 \times 10^6 \quad VA$$

— A potência sincronisante é nula,

donde,

$$\begin{cases} \dfrac{EV}{X_1} \operatorname{sen} \theta + \dfrac{V^2}{z} \operatorname{sen} 2\theta \left(\dfrac{1}{X_q} - \dfrac{1}{X_1}\right) = \\ = \dfrac{65{,}1 \times 10^6}{q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1) \\ q \times \dfrac{EV}{X_1} \cos \theta + q \cdot V^2 \cos 2\theta \\ \left(\dfrac{1}{X_q} - \dfrac{1}{X_1}\right) = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2) \end{cases}$$

Ora,

$$X_1 = 2{,}21\ \Omega \quad \frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_1} = 0{,}265$$

e

$$\begin{cases} E_1 = \dfrac{10{,}3 \times 10^6}{V \operatorname{sen} \theta} - 0{,}586 \cos \theta \\ E_2 = -\dfrac{V \cos 2\theta}{\cos \theta} \times 0{,}586 = \\ \quad = -1{,}172\ V \cos \theta + \dfrac{0{,}586\ V}{\cos \theta} \end{cases}$$

A potência sincronisante será dada por

$$p_{s_1} = q \times \frac{E_2 V}{X_1} \cos \theta + q V^2 \cos 2\theta \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_1}\right)$$

Atribuo um valor a θ. Cálculo E para o valor constante da potência activa, isto é, pela relação (1). Substituo este valor na expressão de ps. Determinam-se assim vários valores. Traça-se $p_{s_1} = f(\theta)$. O valor de $p_{s_1} = 0$, determinado gràficamente, dá o valor de θ procurado.

A intercepção da recta que faz o ângulo com $\overline{CA}$, tirada por 0, com a horizontal gerada por M e correspondente à potência constante, define o ponto de funcionamento limite. Quer, directamente pelo gráfico, depois de ter definido a escala das potências, quer pelo cálculo, substituindo os valores na expressão de Q, encontram-se os valores da potência capacitiva máxima que pode absorver o alternador.

O quadro da página seguinte resume os valores encontrados, por este método, para os diferentes valores de V; Vn, Vn $\pm$ 5 % e Vn $\pm$ 10 %.

3.º) *Cálculo do período próprio de oscilação do rotor*

Suponhamos que o alternador está ligado a uma rede de inter-ligação de potência infinita, isto é, que a sua potência é suficientemente pequena em relação à potência da rede, para que as variações de carga

(Vn — tensão normal)

V	Vn — 10 %	Vn — 5 %	Vn	Vn + 5 %	Vn + 10 %
θ	60,5°	58,5°	57°	56°	54°
Qm	93 MVAR	105 MVAR	119 MVAR	131 MVAR	142 MVAR

nesta máquina não alterem o estado de equilíbrio da mesma rede.

Escrevamos a equação diferencial que rege o movimento do rotor no caso de pequenas oscilações.

Num instante qualquer temos

$$Ce + Ci + Ca = Cm$$

Ce binário eléctrico
Ca binário de amortecimento
Ci binário de inércia
Cm binário mecânico (no veio)

Nos alternadores de polos salientes temos

$$Ce = q \times \frac{EV}{\Omega X_1} \operatorname{sen} \theta + q \cdot \frac{V^2}{2\Omega}\left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_1}\right) \operatorname{sen} 2\theta$$

em que Ω designa a velocidade angular e as restantes letras as variáveis já mencionadas. Por conseguinte designando por Jo o momento de inércia e por p o número de pares de polos

$$\frac{J}{p} \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} + K\alpha \cdot \frac{d\theta}{dt} + q \cdot \frac{EV}{\Omega X_1} \operatorname{sen} \theta + q \cdot \frac{V^2}{2\Omega}\left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_1}\right) \operatorname{sen} 2\theta$$

Para as pequenas oscilações tem-se

$$\Theta = \theta_1 + \theta^1$$

mas como θ^1 é pequeno, pode considerar-se

$$\begin{cases} \operatorname{sen} \theta^1 = \theta^1 \\ \cos \theta^1 = 1 \end{cases}$$

e então

$$\frac{J}{p} \cdot \frac{d^2\theta^1}{dt^2} + K\alpha \frac{d\theta^1}{dt} + q \cdot \frac{EV}{\Omega X_1} \operatorname{sen} \theta_1 + q \cdot \frac{V^2}{2\Omega}\left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_1}\right) \operatorname{sen} 2\theta_1 + \frac{\theta^1}{\Omega}\left[\cos \theta_1 \, q \frac{EV}{X_1} + q \frac{V^2}{\Omega}\left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_1}\right) \cos 2\theta_1\right] = Cm$$

Podemos igualmente desprezar o termo

$$K\alpha \frac{d\theta^1}{dt}$$

Temos pois que a expressão do binário eléctrico normal equivale à do binário mecânico

$$Cm = q \cdot \frac{EV}{\Omega X_1} \operatorname{sen} \theta_1 + q \cdot \frac{V^2}{2\Omega}\left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_1}\right) \operatorname{sen} 2\theta_1$$

e à do binário sincronisante

$$Cs^1 = \frac{ps}{\Omega} = \frac{\theta^1}{\Omega}\left[q \cdot \frac{EV}{X_1} \cos \theta_1 + q \cdot V^2\left(\frac{1}{X_t} - \frac{1}{X_j}\right) \cos 2\theta_1\right]$$

A equação diferencial toma a forma

$$\frac{J}{p} \times \frac{d^2\theta^1}{dt^2} + \frac{\theta^1}{\Omega} \times ps = 0$$

donde

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J \cdot \Omega}{p \cdot p_s}} = 2\pi\sqrt{\frac{J}{p \cdot C_{s_1}}}$$

Calculamos C_s, no caso de plena carga.

Notemos de passagem que as fórmulas que conduziram à expressão da potência de um alternador com polos salientes foram estabelecidas para uma máquina não saturada e para a qual a f. e. m. aparente corresponde a

$$E_a = E\,K + X_l\,I \operatorname{sen} \chi$$

mas esta f. e. m. aparente é a que corresponde à excitação

$$J = y \,.\, l + \alpha\, I \operatorname{sen} \chi$$

na característica em vazio.

Isto equivale a dizer que se nós quizermos aplicar as fórmulas precedentes não é a f. e. m. aparente, mas uma f. e. m. fictícia que corresponde no caso de saturação a

$$E = K_t + X_l\,I \operatorname{sen} \chi$$

Temos

$$E = 12.300^v \qquad V = \frac{15.000}{\sqrt{3}} \qquad q = 3$$

$$\cos \theta_1 = 0{,}945 \qquad \theta_1 = 19^o \qquad J = 3 \times 10^6$$

$$\cos 2\,\theta_1 = 0{,}788$$

$$X_l = 2{,}21\ \Omega \qquad X_q = 1{,}39\ \Omega \qquad \Omega = 2\pi \,.\, \frac{60}{n}$$

$$C_{s_1} = \underline{11{,}685 \times 10^6}$$

$$T = \underline{0{,}713 \text{ segundos}}$$

No caso das cargas activas e reactivas nulas (obtidas actuando respectivamente nas válvulas e na excitação), os pontos M e P do diagrama confundem-se com o ponto A. Portanto

$$E = V \qquad \theta = o$$

$$C_{s1} = q \times \frac{V^2}{X_q} \times \frac{1}{5\pi} = 10{,}28 \times 10^6$$

$$T = 0{,}756 \text{ seg.}$$

Hipótese do alternador, em vazio, funcionando com tensão nominal

4.º) *Propomo-nos calcular os valores de de Δ_v necessários para obter acréscimos de fluxo útil do alternador de 10 °/₀, num décimo e em dois décimos de segundo, supondo:*

a) a velocidade de resposta da excitatriz (*) infinita; tensão libertada da forma

b) a velocidade de resposta da excitatriz constante e de valor igual ao seu valor inicial; tensão libertada da forma

Para resolver esta questão consideraremos ainda as duas hipóteses

I — circuito magnético da máquina não saturado

II — circuito magnético da máquina saturado

Teremos

$V = n$

Fluxo total $\rightarrow 79 \times 10^6$ Max (em carga)

Fluxo útil $\rightarrow 66 \times 10^6$ Max.

$E = V$

O fluxo de 66×10^6 Max. corresponde assim à f. e. m. resultante $\overline{OC}$, visto a relação conhecida $e = -\frac{d\phi}{dt}$

Torna-se necessário produzir um fluxo útil de

$$\phi_u = 66 \times 10^6 \times \frac{100}{104} = 63{,}4 \times 10^6 \text{ Maxwells}$$

(*) Volts libertados por segundo, sendo o intervalo de tempo *dt* muito pequeno e V a tensão nos bornes da excitatriz necessária para fornecer a corrente de excitação capaz de produzir a tensão nominal, em vazio, do alternador.

Admitamos a constância do coeficiente de Hopkinson $\nu = \frac{\phi t}{\phi u}$

Vem

$\phi_t = 76 \times 10^6$ Max. do fluxo total em vazio

Notemos que na hipótese da constância de ν, a uma variação de 10 % do fluxo útil corresponde uma variação de 10 % do fluxo total.

A curva característica em vazio pode ser graduada em unidades de fluxo, a ordenada 100 corresponde ao fluxo útil de $63{,}4 \times 10^6$ M. As variações de fluxo obtêm-se por variação de corrente indutora, que se escreve em abcissas. A equação do circuito indutor será da forma

$$U = R \,.\, i + \frac{d\phi t}{dt}$$

Se o circuito magnético da máquina não está saturado

Teremos

$$\phi_t = L \,.\, i$$

portanto

$$U = R \,.\, i + L \,.\, \frac{di}{dt} \text{ (circuito da forma L R)}$$

Se, ao contrário, o circuito magnético está saturado

Tem-se

$$\frac{d\phi t}{dt} = \frac{d\phi t}{di} \times \frac{di}{dt} = \frac{d\phi u}{di} \times \frac{di}{dt}$$

Dada a aproximação admitida deslocamo-nos sobre a tangente em M na curva característica em vazio

$$\frac{d\phi_o}{dt} = \text{constante}$$

Somos assim, ainda reconduzidos à forma

$$U = R \,.\, i + L' \,.\, \frac{di}{dt} \text{ (logo, circuito da forma L'R)}$$

calculemos L e L'

$$L = \frac{n \,.\, \phi}{i} = \frac{40 \times 21{,}5 \times 76 \times 10^6 \times 21{,}5 \times 10^{-8}}{15.700} =$$

$$= \underline{0{,}895 \text{ Henrys}}$$

considerando a recta até à intercepção com o eixo das ordenadas, temos

$$\Delta\phi = \frac{63{,}5}{2} \quad \Delta i = \frac{18400}{21{,}5} \quad \nu = \frac{76}{63{,}5}$$

donde

$$L' = \frac{76 \times 10^6 \times 10^{-8} \times 40 \times 21{,}5}{2 \times 18.400} =$$

$$= \underline{0{,}382 \text{ Henrys}}$$

a) Suponhamos a velocidade de resposta da excitatriz infinita. A tensão de excitação varia instantaneamente de u_o a $u_o + \Delta_u$

Ora

$$\boxed{\text{I)}} \quad i_o = \frac{15700}{21{,}5} = \underline{730 \text{ A}} \text{ e } U_o = R \,.\, i_o =$$

$$= 0{,}187 \times 730 = \underline{136^v{,}5}$$

A variação de ϕ_u em função de i correspondendo a uma recta passando pela origem, a uma variação de 10 % de ϕ_u, corresponderá uma variação de 10 % de i.

Empregando a conhecida equação, de mudança de estado, dos regimes transitórios e notando todavia que o estado final que corresponderia a $u_o + \Delta_u$ nunca seria atingido e que o processo não nos serve senão para o estabelecimento da corrente, cujo valor desejamos conhecer no fim de 1/10 e 2/10 de segundo, teremos

$$i_o = 730 \text{ A} \quad i_f = \frac{u_o + \Delta_u}{R} = i_{f_o}$$

donde

$$i = i_f + (i_o - i_{f_o})\, e^{-\frac{t}{T}} \text{ com } T = \frac{L}{R} = 4.79 \text{ segs.}$$

$$i = \frac{U_o + \Delta_u}{R} + \left(\frac{u_o}{R} - \frac{u_o}{R} - \frac{\Delta_u}{R}\right) e^{-\frac{t}{T}}$$

e

$$i - i_o = \frac{\Delta_u}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$$

Para

$$i - i_o = i_o/10 \quad \Delta_u = \frac{R\,(i - i_o)}{1 - e^{-\frac{t}{T}}} = \frac{R \times i_o}{10\,(1 - e^{-\frac{t}{T}}}$$

Para

$\Delta_t = {}^1/_{10}$ segundo

$$\Delta_u = \frac{13{,}65}{1 - e^{-\frac{0{,}187}{8{,}95}}} = 659{,}4 \text{ volts}$$

Para

$\Delta_t = {}^2/_{10}$ segundo

$$\Delta_u = \frac{13{,}65}{1 - 0{,}959} = 334 \text{ volts}$$

II) Se o circuito magnético estiver saturado, deslocamo-nos segundo a tangente em M.

A variação de corrente que corresponde a uma variação de 10 $^o/_o$ do fluxo útil é

$$\Delta_i = \frac{21.700 - 18400}{21{,}5} = 153{,}5 \text{ A}$$

donde

$$\Delta_u = \frac{0{,}187 \times 153{,}5}{1 - e^{-\frac{\Delta t}{T}}}$$

em que

$$T = \frac{L'}{R} = 2{,}04 \text{ segundos}$$

Para

$\Delta_t = {}^1/_{10}$ seg.

vem

$\Delta_u =$ ..... 600 volts

Para

$\Delta_t = {}^2/_{10}$ seg.

$\Delta_u =$ 308 volts

b) Designemos pela constante *a* a velocidade da resposta da excitação.

Vamos empregar o cálculo simbólico que, como se sabe, é hoje em grande número de casos, um instrumento de simplificação e por isso de uso corrente do engenheiro electrotécnico. A equação instantânea do circuito em regime transitório é

$$u_o + at = Ri + L\,\frac{di}{dt}$$

que na notação simbólica de Hevesid, tem por imagem

$$\frac{u_o}{p} + \frac{Q}{p^2} = (R - L_p)\,I - L\,i_o$$

em que p é pois a chamada variável simbólica. Daquela equação se tira o valor I, imagem da corrente i

$$I = \frac{L.\,i_o}{R + L_p} + \frac{u_o}{p\,(R + L_p)} + \frac{a}{p^2(R + L_p)}$$

Escrevendo agora o original desta expressão e grupando os termos, obtemos assim imediatamente o valor da corrente

$$i = i_o + \frac{a}{R}\,t + \frac{a\,L}{R^2}\left(e^{-\frac{t}{T}} - 1\right) \quad \ldots (3)$$

donde se tira a velocidade de resposta

$$a = \frac{R + \Delta i}{\Delta_t + \frac{L}{R}\left(e^{-\frac{\Delta t}{T}} - 1\right)} \qquad \begin{cases} i - i_o = \Delta i \\ t = \Delta t \end{cases}$$

Para

$\Delta_t = {}^1/_{10}$ segundo $\quad R\,\Delta_i = \dfrac{u_o}{10} = 13{,}65$

vem

$$a = \frac{13{,}65}{0{,}001} = 13.650 \text{ volts / segundo}$$

e

$\Delta_u =$ 1365 volts

Para

$\Delta_t = {}^2/_{10}$ segundo, vem idênticamente

$a = 3.215$ volts / segundo

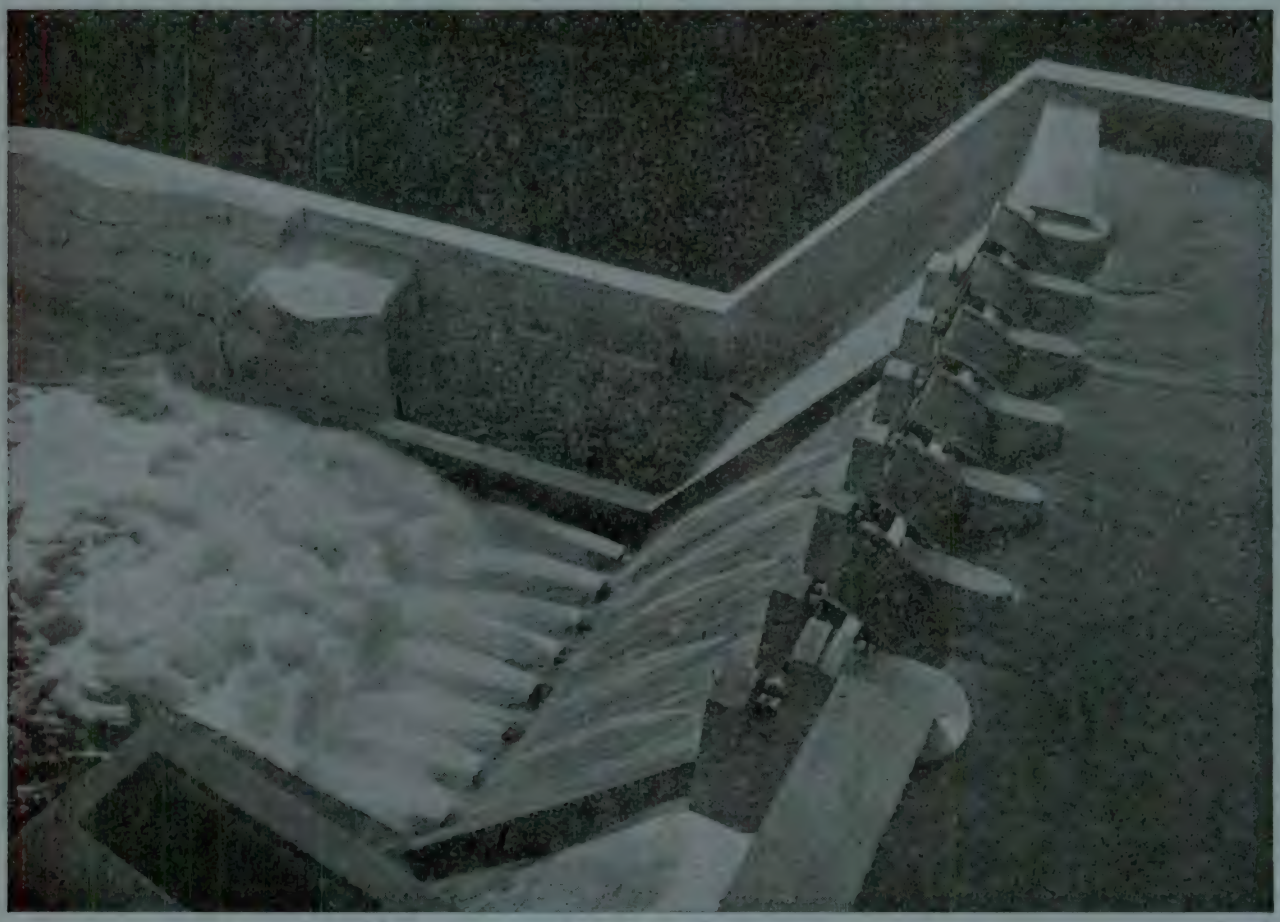
$\Delta_u =$ 643 volts

LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE

GRENOBLE

HIDRÁULICA FLUVIAL E MARÍTIMA — QUEDAS DE ÁGUA

Determinação económica das obras — Desassoreamentos
Aproveitamento dos rios — Eclusas
Utilização da energia das marés
Estudos de portos, de ancoradouros — Docas secas
Protecção do litoral — Estabilidade das praias.



BARRAGEM DE GRANDVAL

Estudo sobre modelo reduzido da dispersão da energia no pé da barragem.
Descarga de uma cheia de 1.900 m/3sec sobre a barragem.

EM PORTUGAL:

LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA
NA AMADORA

"NEYRPIC"

R. Vice-Almirante João António de Azevedo Coutinho
AMADORA Telef. VENDA NOVA 48

H. PARRY & SON, L.DA

SEDE: 6, AV. 24 DE JULHO - LISBOA

Telef.: 64187 (4 Linhas) 66065
Teleg.: NAVIOS-LISBOA

CONSTRUÇÕES
E REPARAÇÕES
NAVAIS

DOCAS SECAS

Execução de qualquer trabalho de
mecânica, electricidade, fundição, caldeiraria, forja, soldadura, etc.

DESENHOS
PROJECTOS
ORÇAMENTOS

II) Se o circuito magnético está saturado, teremos

$\Delta_i = 153{,}5$ Ampéres $\quad L' = 0{,}382$ H

Para

$\Delta_t = {}^1/_{10}$ segundo

$a = 12.180$ volts / segundo

$\Delta_u = \underline{1218 \text{ volts}}$

Para

$\Delta_t = {}^2/_{10}$ segundo, vem idênticamente

$a = 3.020$ v / seg.

$\Delta_u = \underline{604 \text{ volts}}$

5.º *Cálculo das energias e potências postas em jogo pela excitatriz, quando das sobre-excitações precedentemente consideradas*

Temos

$$\varepsilon = \int_0^{\Delta t} u.\ i.\ dt$$

A potência de excitação necessária em plena carga e com cos $\varphi = 0{,}93$ é de

$$P_{Ue} \times i_e = R\ .\ i_e^2 = 0{,}187 \times 1140^2 = \underline{2\ 43 \text{ kW}}$$

Caso I)

$$u = u_o + \Delta_U \quad i = i_o + \frac{\Delta_U}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$$

$$E = (M_o + \Delta_U)\int_0^{\Delta t}\left[i_o + \frac{\Delta_U}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)\right] dt$$

Para

$\Delta_t = {}^1/_{10}$ segundo

$E = \underline{1950 \text{ kW}}$

Comparando a potência média com a potência de excitação em plena carga, temos

$\rho_I = 1950/243 = \underline{\sim 8}$

Para

$\Delta_t = {}^2/_{10}$ segundo

$E = \underline{1205 \text{ kW}}$

$\rho'_I = \underline{\sim 2{,}48}$

Caso II)

Idênticamente, temos

$i_o = 883{,}5$ A $\quad u_o = 165$ volts $\quad T = 2{,}04$ segundo

$\Delta_u = 600$ volts

Para

$\Delta_t = {}^1/_{10}$ segundo

$E = 3180$ kW

$\rho_{II} = \sim \underline{13}$

Para

$\Delta_t = {}^2/_{10}$ segundo $\quad A_U = 308$ volts

$E = \underline{1370 \text{ kW}}$

$\rho_{II} = \underline{2{,}82}$

Consideremos agora o caso da velocidade de regimen constante.

Será

$$u = u_o + at$$

Retomemos a equação (3)

$$i = i_o + \frac{a}{R} L\left(e^{-\frac{t}{T}} - 1\right)$$

Desenvolvamos em série

$$e^{-\frac{t}{T}} = e^{-\frac{R}{L}t}$$

Guardando simplesmente os 3 primeiros termos do desenvolvimento, visto que os seguintes podê-los-emos considerar desprezíveis para os casos que estudámos ($\Delta_t = 0.1$ e $\Delta_t = 0{,}2$).

Obtemos assim

$$u \cdot i = (u_o + a\,t)\left\{i_o + \frac{a\,L}{R} - \frac{a}{R}\left(t - \frac{t^2}{2T}\right)\right\}$$

A energia é pois dada por

$$E = \int_o^{\Delta t} u \cdot i \cdot dt = \int_o^{\Delta t}\left[u_o \cdot i_o + a\,i_o\,t + \right.$$

$$\left. + \frac{a\,u_o}{2\,R\,T}\,t^2 + \frac{a^2\,t^3}{2\,R\,T}\right] dt =$$

$$= i_o\left[u_o + \frac{a}{2}\,\Delta_t + \frac{a}{6\,T}\,(\Delta_t)^2\right]\Delta_t$$

Caso I)

$i_o = 730$ A $\quad u_o = 136{,}5$ V $\quad a = 13.650$ V/seg.

Para

$$\Delta_t = {}^1/_{10} \text{ segundo}$$

vem

$$E = 60{,}1 \text{ kjoules}$$

$$\rho_I'' \cong \frac{601}{243} = 2{,}47$$

Para

$$\Delta_t = \frac{2}{10} \quad \text{segundo}$$

$$E = 67{,}5 \text{ kjoules}$$

$$\rho_I''' \cong 1{,}42$$

Caso II)

$i_o = 883{,}5$ A $\quad M_o = 165$ v

$T = 2{,}04$ seg. $\quad a = 12.180$ v/seg.

Para

$$\Delta_t = {}^1/_{10} \text{ segundo}$$

vem

$$\varepsilon = 69{,}2 \text{ kjoules}$$

$$\rho_{II}' = 2{,}85$$

Para

$$\Delta_t = {}^2/_{10} \text{ segundo}$$

$$\varepsilon = 84{,}2 \text{ kjoules}$$

$$\rho_{II}''' \cong 1{,}73$$

Conclusão

Fizémos o estudo da variação rápida do fluxo dos alternadores de grande potência, na marcha em vazio.

Para o caso da variação instantânea, a entrada em jogo das potências previstas e o aumento de tensão não são pràticamente realizáveis. Em todo o caso uma variação instantânea de tensão não é possível, visto a constante de tempo do circuito voltmétrico e a inércia dos órgãos mecânicos. Estes atrazos são todavia muito pequenos nos aparelhos de contactos vibráteis e a causa principal é a inércia magnética dos circuitos nos quais os reguladores actuam.

As considerações dos casos em que a máquina seria saturada e em que o não é conduzem aliás a relações de potências, por comparação com a potência requerida em marcha normal, que não são muito diferentes, o que entra em consideração no dimensionamento da excitatriz. O caso $\Delta_t = {}^1/_{10}$ segundo, conduz ainda a valores excessivos para a potência considerada. O caso $\Delta_t = {}^2/_{10}$ mostra uma melhora nítida sob este ponto de vista, colocando-nos aqui no caso em que a velocidade de resposta é constante. Vê-se, que o dimensionamento duma excitatriz neste último caso, é já possível, embora na prática se tome um Δ_t ligeiramente superior (de ordem de ${}^3/_{10}$ a ${}^4/_{10}$ de segundo) o que dá resultados muito satisfatórios sob o ponto de vista de sobretensões a realizar para a potência exigida, sem contudo comprometer grandemente a estabilidade do funcionamento.

Em conclusão, notemos que o regulador de tensão por acção rápida é naturalmente destinado à marcha em carga. Entra em funcionamento no caso duma perturbação na rede e torna-se indispensável no caso dos alternadores alimentando redes de transporte de energia com linhas longas. O papel do regulador deve ser de aumentar o fluxo acima do seu valor normal; a potência sincronizante deve ser aumentada o mais possível em regimen de perturbação e a sobreexcitação é uma das margens mais vantajosas da que se dispõe, com o fim de aumentar a potência sincronizante.

UMA NOVA EXPRESSÃO DA EQUAÇÃO DOS TRÊS MOMENTOS

PELO ENG. CIVIL FRANCISCO AUGUSTO ROSA

C. D. 624.072.23

A expressão que neste trabalho se apresenta, ligando os momentos de flexão produzidos sobre três apoios consecutivos duma viga contínua, apenas difere da equação clássica de Bertot-Clapeyron (teorema dos três momentos)

$$l_{k-1}\ M_{k-1} + 2\ (l_{k-1} + l_k)\ M_k + l_k\ M_{k+1} = -\frac{6}{l_{k-1}} \int_0^{l_{k-1}} \mu_1 x\, dx - \frac{6}{l_k} \int_0^{l_k} \mu_2 (l_k - x)\, dx$$

na maneira como se apresenta o segundo membro desta igualdade.

Como se verá, em vez de cálculos de integrais, por vezes trabalhosos (sobretudo quando os momentos de flexão μ nos tramos considerados como simplesmente apoiados não são expressões simples) teremos de considerar somas de momentos de encastramento que, por via de regra, se encontram tabelados para grande número de solicitações.

A dedução é feita a partir da noção de variação angular relativa de secções, dela se passando para a de deslocamento e desta para a de ângulo de deformação que associada à condição de continuidade permite obter a expressão que se propõe.

a) *Variação angular*

Consideremos a viga AB, fig. 1, encastrada em A e livre em B, onde só o elemento dx, à distância x de B tomado como origem das abscissas, é elástico e seja $d\varphi$ o ângulo formado, após a deformação por actuação de cargas, pelas secções que limitam dx. Em face da pequena abertura de $d\varphi$ podemos escrever:

$$dx = R \,.\, d\varphi$$

ou

$$d\varphi = \frac{dx}{R}$$

sendo R o raio de curvatura da linha elástica, dado como se sabe, na flexão circular, por

$$R = \frac{E \,.\, I}{M}$$

onde E, I e M representam, respectivamente, o módulo de elasticidade, o momento de inércia e o momento flector.

Por substituição de R, obteremos para valor da variação angular

$$d\varphi = \frac{M \,.\, dx}{E \,.\, I}$$